

**CONSTRUCCIÓN PRELIMINAR DEL MODELO HIDROGEOLÓGICO
CONCEPTUAL DEL ACUÍFERO ASOCIADO A LA QUEBRADA MANIZALES A
PARTIR DE INFORMACIÓN SECUNDARIA**

1

MARGARITA MARÍA GALLEGO SUAREZ



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE MANIZALES
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
MANIZALES – CALDAS**

2016

**CONSTRUCCIÓN PRELIMINAR DEL MODELO HIDROGEOLÓGICO
CONCEPTUAL DEL ACUÍFERO ASOCIADO A LA QUEBRADA MANIZALES A
PARTIR DE INFORMACIÓN SECUNDARIA**

2

MARGARITA MARIA GALLEGO SUAREZ

DIRECTORA DE TRABAJO DE GRADO: ANGELA MARIA ALZATE ALVAREZ
Ingeniera de Saneamiento y Desarrollo Ambiental

OPCIÓN DE GRADO: REVISIÓN DE TEMA.

**REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL**



UNIVERSIDAD CATOLICA DE MANIZALES
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
MANIZALES – CALDAS

2016

Tabla de Contenido

RESUMEN	9
INTRODUCCIÓN	13
1. OBJETIVOS	14
1.1 GENERAL.....	14
1.2 ESPECÍFICOS.....	14
2. METODOLOGÍA.....	15
3. DESARROLLO DEL TEMA.....	19
3.1 CAPITULO I. ESTADO DEL ARTE SOBRE ACUÍFEROS DE POROSIDAD PRIMARIA EN EL DEPARTAMENTO DE CALDAS.....	19
3.1.1 Acuífero Risaralda	19
3.2.1 Acuífero Santagueda.....	23
3.2.2 Acuífero rio grande Magdalena	25
3.2 CAPITULO II. CONSTRUCCIÓN PRELIMINAR DE UN MODELO HIDROGEOLOGÍCO CONCEPTUAL	28
3.2.1 Estado del arte de algunos modelos hidrogeológicos conceptuales realizados.	28
3.2.2 Bases conceptuales para la construcción preliminar de un modelo hidrogeológico.	51
3.2.3 Recolección de información secundaria para la construcción preliminar de un modelo hidrogeológico para la quebrada Manizales.....	54
3.2.4 Construcción preliminar de un modelo hidrogeológico conceptual para la quebrada Manizales.....	55
3.3 CAPITULO III. FORMULACIÓN DE ESTRATEGIAS PARA LA ARTICULACIÓN DEL MODELO HIDROGEOLOGÍCO A LOS INSTRUMENTOS DE PLANIFICACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO, QUEBRADA MANIZALES. ...	69

3.3.1	Descripción de la Quebrada Manizales.....	69
3.3.2	Lineamientos para la formulación de estrategias para la articulación del modelo hidrogeológico a instrumentos de planificación del recurso hídrico en la quebrada Manizales.....	77
4.	DISCUSIÓN	90
5.	CONCLUSIONES.....	92
6.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	94
7.	ANEXO DE FICHAS BIBLIOGRÁFICAS.....	98
	Anexo 1. Ficha bibliográfica 1	98
	Ficha 2. Ficha bibliográfica 2	99
	Ficha 3. Ficha bibliográfica 3	100
	Anexo 4. Ficha bibliográfica 4.....	102
	Ficha 5. Ficha bibliográfica 5.	103
	Anexo 6. Ficha Bibliográfica 6.	104
	Anexo 7. Ficha Bibliográfica 7.	105
	Anexo 8. Ficha Bibliográfica 8.	106
	Anexo 9. Ficha Bibliográfica 9.	107
	Anexo 10. Ficha Bibliográfica 10.	108
	Anexo 11. Ficha Bibliográfica 11.	109
	Anexo 12. Ficha Bibliográfica 12.	110
	Anexo 13. Ficha Bibliográfica 13.	111
	Anexo 14. Ficha Bibliográfica 14.	112
	Anexo 15. Ficha Bibliográfica 15.	113
	Anexo 16. Ficha Bibliográfica 16.	114
	Anexo 17. Ficha Bibliográfica 17.	115

Anexo 18. Ficha Bibliográfica 18.	116
Anexo 19. Ficha Bibliográfica 19.	117
Anexo 20. Ficha Bibliográfica 20.	118
Anexo 21. Ficha Bibliográfica 21.	119
Anexo 22. Ficha Bibliográfica 22.	120
Anexo 23. Ficha Bibliográfica 23.	121
Anexo 24. Ficha Bibliográfica 24.	122
Anexo 25. Ficha Bibliográfica 25.	123
Anexo 26. Ficha Bibliográfica 26.	124
Anexo 27. Ficha Bibliográfica 27.	125
Anexo 28. Ficha Bibliográfica 28.	127
Anexo 29. Ficha Bibliográfica 29.	128
Anexo 30. Ficha Bibliográfica 30.	129
Anexo 31. Ficha Bibliográfica 31.	130
Anexo 32. Ficha Bibliográfica 32.	131
Anexo 33. Ficha Bibliográfica 33.	132
Anexo 34. Ficha Bibliográfica 34.	134
Anexo 35. Ficha Bibliográfica 35.	135
Anexo 36. Ficha Bibliográfica 36.	136
Anexo 37. Ficha Bibliográfica 37.	137
Anexo 38. Ficha Bibliográfica 38.	138
Anexo 39. Ficha Bibliográfica 39.	139
Anexo 40. Ficha Bibliográfica 40.	140

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Metodología.....	17
Figura 2. Zona de estudio cuenca baja del rio Risaralda Jurisdicción de Caldas..	20
Figura 3. Ubicación espacial de Aljibes y pozos actualizados en 1994.....	22
Figura 4. Información hidrogeológico de acuífero de La Dorada.....	27
Figura 5. Mapa potenciométrico del SAG, indicando los dominios hidrogeológicos existentes	29
Figura 6. Mapa geológico simplificado del substrato del Sistema Acuífero Guaraní	30
Figura 7. Ubicación geográfica del acuífero Nimboyores.....	31
Figura 8. Geología de la zona del acuífero.....	32
Figura 9. Resumen de resultados de sondeos eléctricos verticales.....	33
Figura 10. Localización de la zona Bajo Cauca Antioqueño.....	34
Figura 11. Esquema metodológico. Sintetiza la metodología seguida para obtener el modelo hidrogeológico conceptual del Bajo Cauca antioqueño.	35
Figura 12. Vulnerabilidad de los acuíferos del Bajo Cauca Antioqueño	36
Figura 13. Modelo de recarga del sistema acuífero del Bajo Cauca Antioqueño y red de monitoreo para su validación.....	39
Figura 14. Localización de la zona de estudio.....	41
Figura 15. Unidades hidroestratigráfica principales de la isla de San Andrés.	44
Figura 16. Metodología para la estimación de la recarga propuesta por Témez 1977.	46
Figura 17. Valores de conductividad hidráulica asignados al modelo.	50
Figura 18. Coeficientes de almacenamiento específicos y Porosidad eficaz.	51
Figura 19. Zonas de recarga definidas.....	51
Figura 20. Modelo hidrogeológico conceptual.	52
Figura 21. Información contenida en el formulario único nacional de inventario de puntos de agua.....	53
Figura 22. Localización de la Microcuenca Quebrada Manizales en la Cuenca Río Chinchiná	56

Figura 23. Microcuenca quebrada Manizales..... 57

Figura 24. Variables Fisicoquímicas y Bacteriológicas de la Quebrada Manizales.
..... 67

Figura 25. Fases de los planes de manejo ambiental en acuíferos..... 85

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Fichas Bibliográficas.....	16
Tabla 2. Recolección de información secundaria para la elaboración preliminar del Modelo Hidrogeólogo Conceptual	54
Tabla 3. Intervalos de resistividades para las diferentes unidades litológicas en Manizales	62
Tabla 4. Resultados pruebas de bombeo SUPER e INVERMEC.....	68
Tabla 5. Síntesis Situaciones Identificadas en la Microcuenca Quebrada Manizales	70
Tabla 6. Instrumentos de planificación de recursos hídricos	78
Tabla 7. Ejemplos de líneas estratégicas a considerar en la formulación de proyecto.....	86

CONSTRUCCIÓN PRELIMINAR DEL MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL DEL ACUÍFERO ASOCIADO A LA QUEBRADA MANIZALES A PARTIR DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

RESUMEN

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible adoptó en marzo del 2010, la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico –PNGIRH. Por medio de esta política, se pretende dar sostenibilidad al recurso, teniendo en cuenta que toda su gestión deriva del ciclo hidrológico y a la vez, que este se encuentra influenciado por diferentes componentes naturales y antrópicos. Se quiere abordar el manejo del agua como una estrategia de carácter fundamental, desde una perspectiva ambiental e integral que recoja la diversidad regional y las potencialidades de actores e instituciones que puedan participar en pro del recurso hídrico.

En este contexto, nace la necesidad de plantear nuevas estrategias que integren el cuidado y protección del recurso hídrico; por tal razón, se plantea para esta revisión de tema el objetivo: *“construir el modelo hidrogeológico conceptual preliminar del acuífero asociado a la Quebrada Manizales por medio de información secundaria, articulado con los demás instrumentos de planificación del recurso hídrico existentes”*. Después de abarcar características de los acuíferos existentes en la región, se procede a la construcción preliminar de un modelo hidrogeológico del acuífero que está asociado a la quebrada Manizales, para finalmente dar las características de este y generar 5 fases para la integración de un modelo hidrogeológico a la planificación del recurso hídrico ya existente, acompañado de un último punto que describe algunas líneas estratégicas, ejemplos de programas, proyectos, actividades y la descripción de cada uno.

Por último, se evidencia que la Quebrada Manizales está siendo incluida en programas y proyectos para su recuperación, pues es clara la importancia que

desempeña para la población manizaleña; sin embargo, no cuenta con un modelo hidrogeológico idóneo para el acuífero, el cual oriente y estipule el adecuado proceder para la recuperación y sostenibilidad.

Se recomienda desarrollar un proceso de integración de esta temática (modelo hidrogeológico), que aunque es poco conocida en el departamento de Caldas, se considerada una herramienta fundamental para el desarrollo y sostenibilidad de los recursos hídricos.

PALABRAS CLAVE: Recurso hídrico, modelo hidrogeológico, acuíferos, quebrada, planificación.

ABSTRACT

The Ministry of Environment, Housing and Territorial Development adopted in March 2010, the National Policy for Integrated Water Resource Management - PNGIRH, through this policy is intended to give sustainability to the resource, considering that derives all its management of the hydrological cycle and while this is influenced by various natural and anthropogenic components. It wants to address water management as a strategy of a fundamental nature, from an environmental and holistic perspective that includes regional diversity and potentials of actors and institutions that can participate in pro of water resources.

In this context arises the need to propose new strategies that integrate the care and protection of water resources, for that reason, it is proposed for this topic review the target: " build the preliminary conceptual hydrogeologic model of the aquifer associated with the Quebrada Manizales by means of secondary information, articulated with other existing planning instruments " water resources. After encompass characteristics of existing aquifers in the region, we proceed to the preliminary construction of a hydrogeologic model of the aquifer that is associated with the Quebrada Manizales, to finally give the characteristics of this and generate 5 phases for the integration of a hydrogeological model planning of existing water resources, accompanied by a last point that describes some strategic lines, examples of programs, projects, activities and description of each.

Finally, it is evident that the Quebrada Manizales is being included in programs and projects for recovery, it is clear the importance it plays in the Manizales population, however, does not have a suitable hydrogeological model for the aquifer, which east and stipulates the right to proceed to recovery and sustainability.

It is recommended to develop a process of integration of this subject (hydrogeological model), although little known in the department of Caldas, a

fundamental tool for development and sustainability of water resources is considered.

KEYWORDS: Water resources, hydrogeological model, aquifers, broken, planning.

INTRODUCCIÓN

Tal como lo cita el documento Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico del año 2010, la mayor parte de los recursos hídricos utilizables del planeta, se encuentran en el subsuelo y Colombia cuenta con la ventaja de presentar un gran potencial de aguas subterráneas, con un aproximado del 75% de zonas favorables para el almacenamiento de agua subterránea en el territorio.

Las aguas subterráneas son de gran importancia para la población colombiana ya que suplen necesidades de consumo doméstico y/o son necesarias para el desarrollo industrial y agrícola; en este campo, es donde participa la sostenibilidad ambiental, donde el estudio de los acuíferos es fundamental para la prosperidad y la calidad de vida en el territorio.

No obstante, la relación entre el recurso hídrico y la capacidad de los ecosistemas para proveer bienes y servicios y estos a la vez ser transformados en bienestar y crecimiento económico, están estrechamente relacionados; lo que quiere decir que, el recurso hídrico afecta de forma directa limitando o acelerando el crecimiento económico. Debido a esto, nace la importancia de ordenar el uso del recurso hídrico para potencializar su sostenibilidad y que, a través del tiempo, se pueda regular para no tener pérdidas económicas y algunos riesgos que se pueden presentar.

Teniendo en cuenta la actual necesidad de dar sostenibilidad al recurso hídrico en el municipio de Manizales-Caldas, en la presente revisión de tema se construye un modelo hidrogeológico preliminar conceptual del acuífero asociado a la quebrada Manizales a partir de información secundaria.

1. OBJETIVOS

1.1 GENERAL

Construir el modelo hidrogeológico conceptual preliminar del acuífero asociado a la Quebrada Manizales por medio de información secundaria, articulado con los demás instrumentos de planificación del recurso hídrico existentes.

1.2 ESPECÍFICOS

1. Realizar un estado del arte de algunos acuíferos y modelos hidrogeológicos existentes.
2. Correlacionar la información hidrogeológica secundaria existente para la construcción del modelo hidrogeológico conceptual del acuífero asociado a la Quebrada Manizales.
3. Formular estrategias para la articulación del modelo hidrogeológico a los instrumentos de planificación del recurso hídrico (PAI, POMCA).

2. METODOLOGÍA

TIPO DE INVESTIGACIÓN:

La investigación realizada para este proyecto será de tipo básica, por lo tanto, como primera instancia, se realizará una recopilación de información secundaria, la cual permitirá dar un atisbo del tipo de acuífero estudiado; posterior a esto y con base en la información secundaria adquirida, se procederá a ejecutar la construcción de modelo hidrogeológico conceptual y, de acuerdo a los resultados y análisis obtenidos, se finalizará con la articulación del modelo a los instrumentos de planificación hídrica regional.

Para realizar esta revisión de tema, se realizaron las cuatro fases que se describen a continuación:

Fase I: Inicialmente, se definió el tema de la revisión de tema a tratar, el cual es la construcción del modelo hidrogeológico a partir de información secundaria. Se plantearon los objetivos para lograr desarrollar la investigación a través de bases de datos y bibliografías consultadas y se realizó un mapa conceptual, el cual inicia con la definición de modelo hidrogeológico y sus respectivos estudios.

Posteriormente, se desglosan todas las definiciones, para finalmente describir la normativa expedida que abarca el tema, y así desarrollar el tema y llegar a conclusiones.

Fase II: Se realizaron soportes de lectura de la bibliografía consultada por medio de fichas bibliográficas, de las cuales se realiza el desarrollo del tema. El ejemplo de una ficha bibliográfica se presenta a continuación:

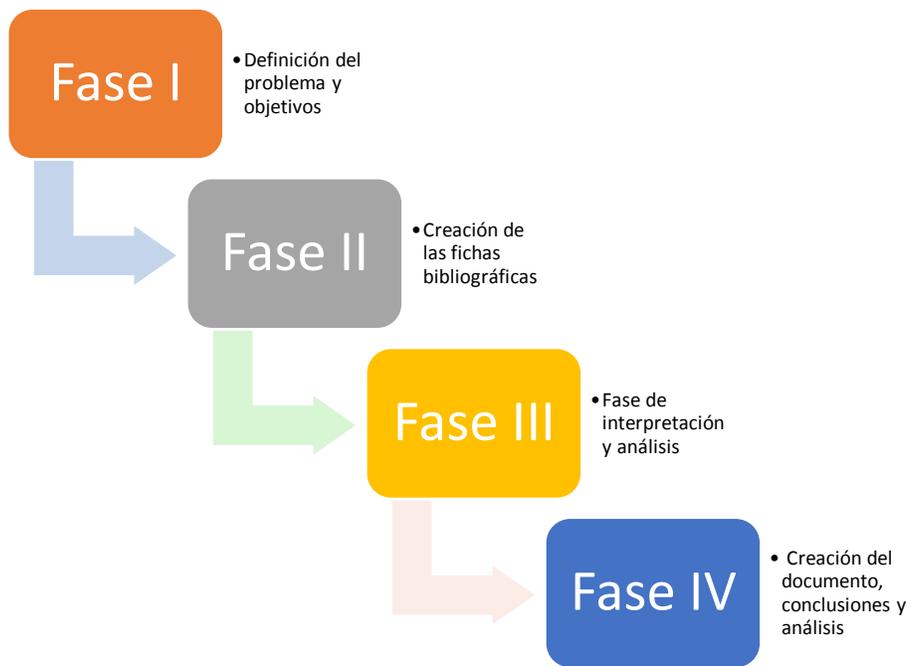
Tabla 1. Fichas Bibliográficas

Fecha de lectura	Número consecutivo de revisión
Título	
Autor (es)	
Fuente bibliográfica	
Conceptos, contextos y aspectos metodológicos que propone el texto	
Palabras nuevas	
Preguntas de investigación y del conocimiento que propone el autor	
Análisis interpretativo por el revisor	
Referencias de interés que cita el autor	

Fase III: Esta es la fase de interpretación, donde se analizó la bibliografía consultada y se tomaron las partes relevantes relacionadas con la revisión de tema, se tomaron figuras, tablas y contextos que lograron completar la consulta y se realizaron preguntas de conocimiento como: ¿Cuáles son los instrumentos de planificación que incluyen agua subterránea?; ¿Qué estudios se han realizado en Colombia sobre el agua subterránea?; ¿Cómo se realiza un modelo hidrogeológico y para que se utiliza? entre otras.

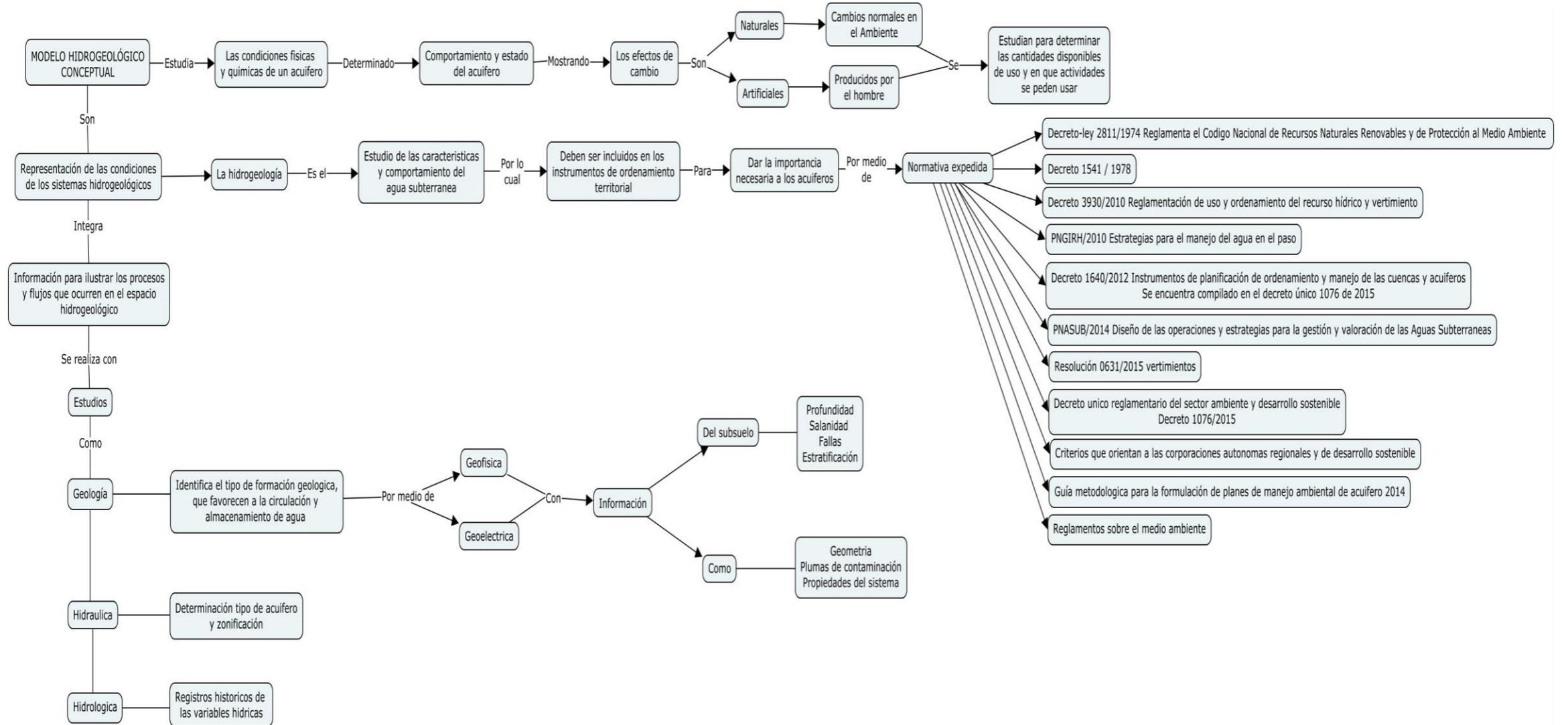
Fase IV: Finalmente, se realizó la fase de análisis y argumentación, en la cual se reunieron los textos consultados y se hizo un análisis de los temas para obtener un documento que integra toda la información consultada y el desarrollo del modelo hidrogeológico conceptual; por último, se realizaron las conclusiones y reflexiones desde una perspectiva crítica y propositiva, donde se muestra el punto de vista profesional del estudiante de Ingeniería Ambiental.

Figura 1. Metodología



Fuente: Elaboración propia.

MAPA CONCEPTUAL DEL TEMA



3. DESARROLLO DEL TEMA

Para lograr la construcción preliminar de un modelo hidrogeológico conceptual, se ha desarrollado un análisis minucioso el cual se describe en los siguientes tres capítulos:

1. Estado del arte sobre acuíferos de porosidad primaria en el departamento de Caldas.
2. Construcción preliminar de un modelo hidrogeológico conceptual.
3. Formulación de estrategias para la articulación del modelo hidrogeológico a los instrumentos de planificación del recurso hídrico (PAI, POMCA), quebrada Manizales.

3.1 CAPITULO I. ESTADO DEL ARTE SOBRE ACUÍFEROS DE POROSIDAD PRIMARIA EN EL DEPARTAMENTO DE CALDAS.

Inicialmente para abarcar el tema, se hará una descripción de tres acuíferos importantes que se encuentran en el departamento de Caldas, la descripción incluye: ubicación, características geológicas, físicas, entre otras.

3.1.1 Acuífero Risaralda

Este acuífero está localizado en la cuenca del río Risaralda, en el occidente del departamento de Caldas y abarca los municipios de San José, Belalcázar, Viterbo y Anserma. Geológicamente, el acuífero se encuentra ubicado sobre depósitos aluviales del río Risaralda, que reposan contradictoriamente sobre unidades Terciarias. La unidad conocida como formación Zarzal y la formación La Paila, esta última conformada por unidades conglomeráticas (CORPOCALDAS, 2016).

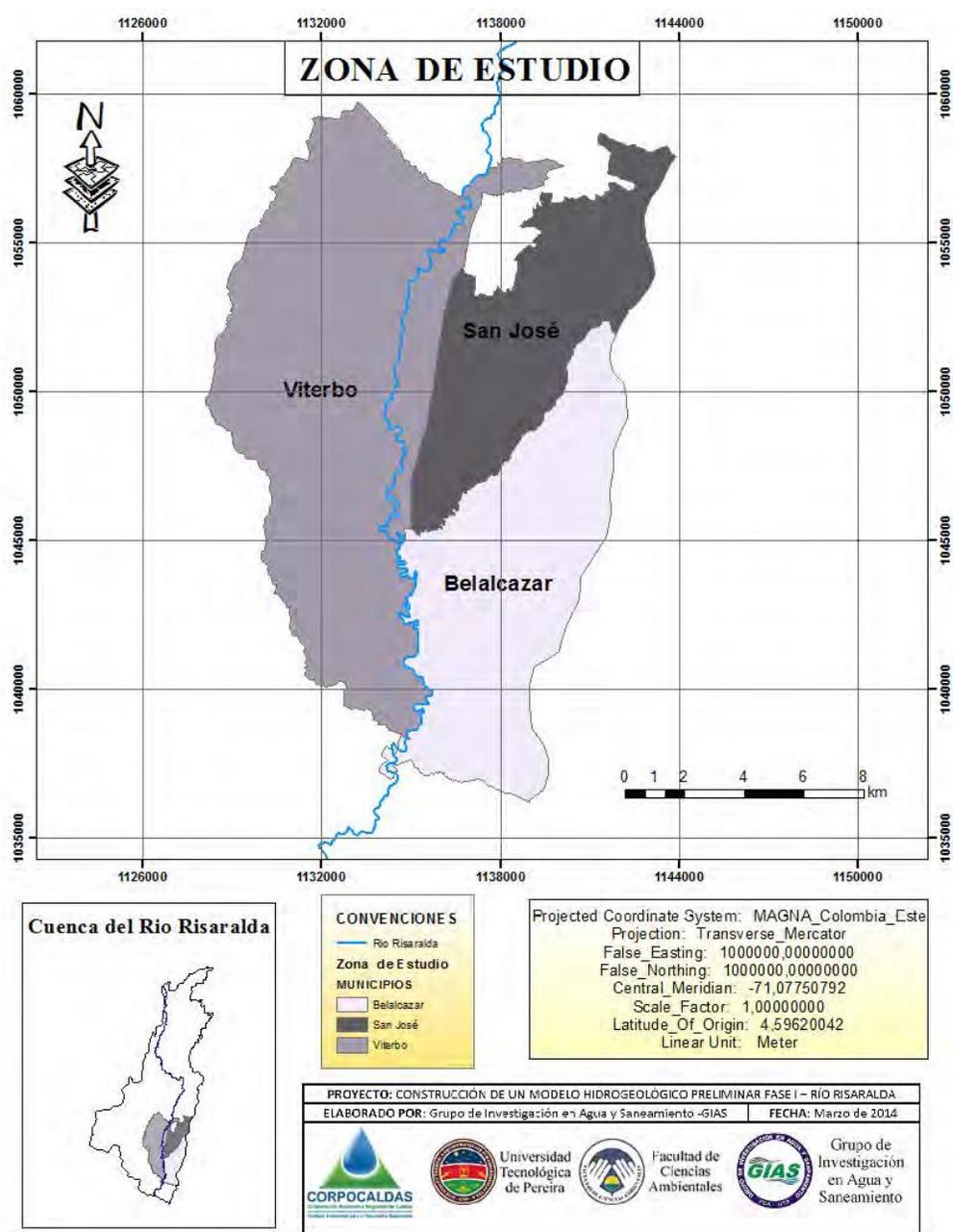


Figura 2. Zona de estudio cuenca baja del rio Risaralda Jurisdicción de Caldas.

Fuente (CORPOCALDAS, GIAS - UTP, 2013).

En el resultado del análisis hidrogeoquímico que realizó la Corporación Autónoma Regional de Caldas –CORPOCALDAS, se tienen aguas clasificadas como de tipo bicarbonatos cálcicas y/o magnéticas, sulfatadas y/o cloruradas cálcicas y/o magnéticas (CORPOCALDAS, 2016).

La recarga de los acuíferos aluviales está dada principalmente por la precipitación, la cual cae directamente sobre el valle bajo, y por la infiltración de las aguas superficiales transportadas por los ríos y quebradas. El balance hídrico de la cuenca del río Risaralda, permite estimar un potencial importante de la recarga en el valle aluvial (CORPOCALDAS, 2016).

Finalmente, en la parte baja de la cuenca, se encontró una topografía suave, y se estima en un 30% la capacidad de infiltración en el acuífero aluvial, es decir que la recarga potencial de esta zona sería de 500 mm promedio anual (92hm³/año o 0,5 hm³ por km²) (CORPOCALDAS, 2016).

Usos del agua subterránea:

Se realizó una recopilación de información, en la cual se identificaron un total de 65 sistemas de captación; 63 aljibes y 2 pozos profundos de los cuales 52 se encontraban activos, mientras que 13 estaban en reserva. En jurisdicción de Caldas se ubicaron 52 puntos de captación (CORPOCALDAS; GIAS - UTP, 2013).

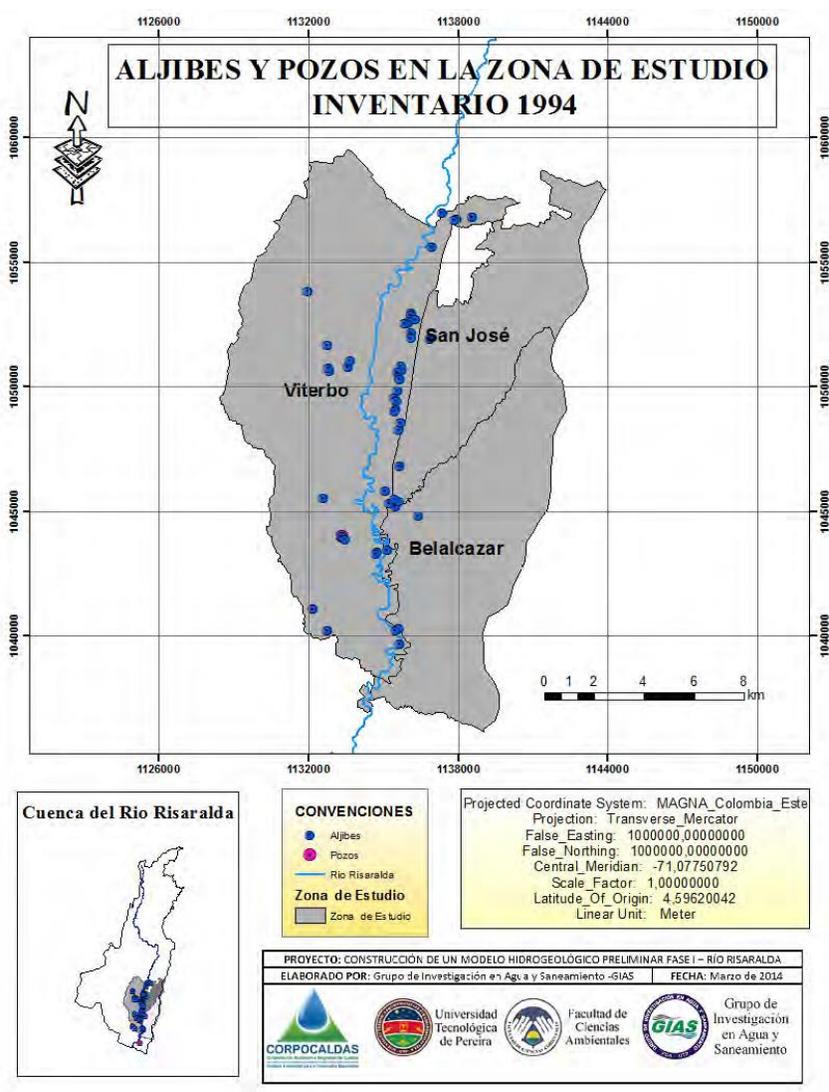


Figura 3. Ubicación espacial de Aljibes y pozos actualizados en 1994.
Fuente (CORPOCALDAS et al., 2013)

En los puntos de captación, se determinó que el aprovechamiento de los Pozos y Aljibes, está orientado principalmente por el consumo doméstico con un porcentaje del 80% en un total de 46 puntos destinados para este uso (CORPOCALDAS et al., 2013).

3.2.1 Acuífero Santaguada

Se encuentra ubicado en el flanco occidental de la Cordillera Central, en la parte baja de la cuenca del río Chinchiná entre los municipios de Manizales y Palestina, en el departamento de Caldas (IDEAM, 2013).

La zona cuenta con varias fuentes hídricas superficiales como lo son el río Cauca, Chinchiná y Guacaica; además, cuenta con quebradas como Llano Grande, Carminales, La Ruidosa y Tres Puertas. Sin embargo, la principal fuente de abastecimiento de agua para consumo son los aljibes y pozos del sector (IDEAM, 2013).

Geología e hidrogeología:

El occidente del departamento de Caldas, se caracteriza por presentar áreas montañosas que correspondientes a rocas volcánicas, con porciones muy bien definidas de topografía variada constituidas por formaciones sedimentarias. El Sistema Acuífero de Santaguada está conformado por las partes bajas de las cuencas de los ríos Cauca, Chinchiná y Tapias-Tareas, presentando unidades volcánicas de edad Cretácico conformadas por rocas ígneas básicas principalmente, asociadas a rocas sedimentarias del Terciario cubiertas por depósitos Cuaternario como flujos de lodo y tipo aluvial (IDEAM, 2013).

La formación Irra - Tres Puertas se encuentra cubierta localmente por arenas tobáceas, flujos aluviales con niveles arenosos y conglomeráticos y por flujos de escombros, probablemente lahares depositados discordantemente. Las arenas y flujos se caracterizan por el color pardo-amarillo y su poca consolidación. Los flujos de escombros se caracterizan por presentar bloques, preferencialmente de composición andesítica, hasta de 1 m de diámetro, con una selección mala y espesores que alcanzan hasta 20 m. Lateralmente, las cenizas y flujos de

escombros muestran contactos erosionales de los sedimentos del miembro volcano-sedimentario y con la cubierta cuaternaria (IDEAM, 2013).

Usos del agua subterránea:

El 81% de los puntos de agua se localiza en el municipio de Palestina, principalmente en las veredas de Santaguada y la Rochela, el 14% en el municipio de Manizales, un 2% restante en el municipio de Anserma, otro 2% en el municipio de Neira y el 1% restante en el municipio de Filadelfia. En la zona se identificaron 145 aljibes, 14 pozos, 4 manantiales, 4 piezómetros y un lago, determinando la distribución de estos 168 puntos de agua inventariados en 5 unidades acuíferas, notándose un predominio sobre los Flujos de Lodo de Santaguada y del km-41. El 40% de estos puntos de agua se encuentra activo realizando al menos una actividad, el 28% se encuentra abandonado y el 9% está inactivo, encontrándose además un 8% de estos puntos sellado por múltiples razones (IDEAM, 2013).

Calidad del agua:

Como resultado del análisis hidrogeoquímico, las muestras se caracterizaron como aguas muy dulces, de alcalinidad baja a moderada, bicarbonatadas cálcicas a bicarbonatadas magnésicas. En general, las muestras de agua tomadas en la zona de estudio cumplen con los estándares de concentración de elementos para potabilidad, encontrando algunas dentro de la clasificación de agua segura (IDEAM, 2013).

Dinámica de flujo y recarga:

Se elaboró un balance hídrico de aguas subterráneas aproximado por la variedad geomorfológica y la poca información hídrica relacionada al área, dando como resultado una infiltración o recarga media para toda la zona de 162,93 mm/año, para la subcuenca Chinchiná se identificó una infiltración media de 58,94 mm/año.

Por el contrario, para la zona de Anserma Cauca, se indica una infiltración del orden de los 27,03 mm/año siendo muy baja en comparación con las otras zonas, aunque es normal debido a su naturaleza geológica (IDEAM, 2013).

Características hidráulicas y productivas:

De acuerdo a los parámetros hidráulicos observados, se establece que los depósitos de Flujo de Lodo presentan caudales de aprovechamiento relativamente altos. El cálculo de reservas se realiza únicamente para el depósito de Flujo de Lodo de Santágueda de forma preliminar debido a la poca información con que se contó hasta el momento del desarrollo del estudio, determinando un volumen total almacenado por esta unidad acuífera de aproximadamente 109 millones de metros cúbicos (IDEAM, 2013).

3.2.2 Acuífero Rio Grande Magdalena

Hace parte de la provincia hidrogeológica Valle Medio del Magdalena PM1, Sistema Acuífero Mariquita – Dorada – Salgar SAM 1.2, denominados en el documento “Aguas subterráneas en Colombia una visión general” realizado por el IDEAM en el 2013. Se encuentra localizado en la cuenca del valle medio del Magdalena, en el municipio de la Dorada. Presenta unidades de edad Paleozoica hasta el Reciente; las rocas de edad Paleozoica corresponden al denominado Complejo Ígneo Metamórfico, sobre las cuales sobreyacen rocas Terciarias (Formaciones San Antonio y Mesa) y sedimentos Cuaternarios, que conforman las unidades son características de interés hidrogeológico (CORPOCALDAS, 2016).

En cuanto a la clasificación del agua por su conductividad eléctrica –CE, la mayoría de las aguas subterráneas en el área de estudio tienen CE $<500\mu\text{S}/\text{cm}$, las cuales se pueden clasificar como aguas dulces, a partir de la geofísica se determinaron de manera general dos niveles de interés hidrogeológico; el primero fue en las zonas someras con espesores que pueden variar entre 20 y 75 metros

de profundidad, con resistividades entre 40 y 190 Ohm/m, similares a arena y gravas saturadas de los depósitos cuaternarios y areniscas conglomeráticas de la formación mesa (Parte del miembro bernal) y un segundo nivel con profundidades mayores a 200 metros y resistividades entre 70 y 190 Ohm/m, correlacionable con la parte basal de la formación mesa (miembro palmas) y posiblemente con el miembro La Ceibita.

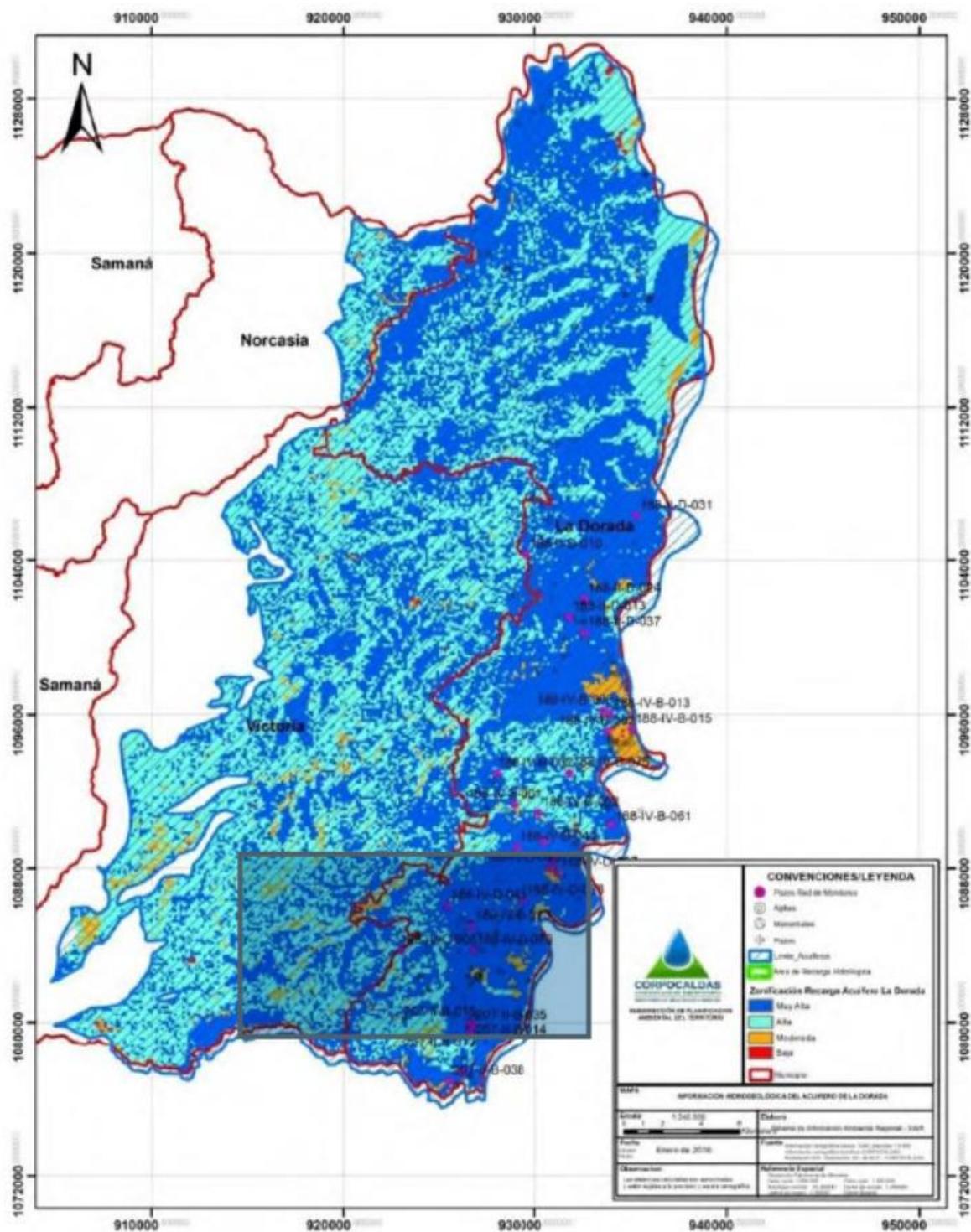


Figura 4. Información hidrogeológica de acuífero de La Dorada.

Fuente (CORPOCALDAS, 2016).

Finalizando la descripción de los acuíferos importantes de Caldas, a continuación se realiza la construcción preliminar de un acuífero hidrogeológico conceptual para la Quebrada de Manizales.

3.2 CAPITULO II. CONSTRUCCIÓN PRELIMINAR DE UN MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL.

Este capítulo inicia con la descripción de algunos modelos hidrogeológicos conceptuales realizados, después se enuncian las bases conceptuales para la construcción preliminar de un modelo hidrogeológico, seguido a esto se realiza la recolección de información relacionada con la quebrada Manizales y por último, se realiza la construcción preliminar de un modelo hidrogeológico conceptual para esta quebrada.

3.2.1 Estado del arte de algunos modelos hidrogeológicos conceptuales realizados.

Modelo hidrogeológico conceptual del Sistema Acuífero Guaraní (SAG).

El Sistema Acuífero Guaraní (SAG) está comprendido en los territorios de Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay, fundando un característico ejemplo de acuífero transfronterizo. Este acuífero representa una importante fuente de abastecimiento de agua potable para la comunidad que se encuentra asentada en su área de ocurrencia, siendo el principal reservorio de agua en la actualidad explorado; abasteciendo de agua potable a diversas ciudades e industria. Se encuentra localizado en la región occidental del continente Sudamericano, entre los paralelos 16°S y 32°S y los meridianos 47°W y 60°W, abarcando un área total de 1.087.879,5 km² (Gastmans, Veroslavsky, Kiang Chang, Caetano-Chang, & Nogueira Pressinotti, 2012).

El modelo hidrogeológico conceptual se construyó como una herramienta para ser considerada en la toma de decisiones del acuífero, tomando como prioridad las áreas donde el flujo de las aguas subterráneas sobrepasa los límites territoriales (Gasmans et al., 2012).

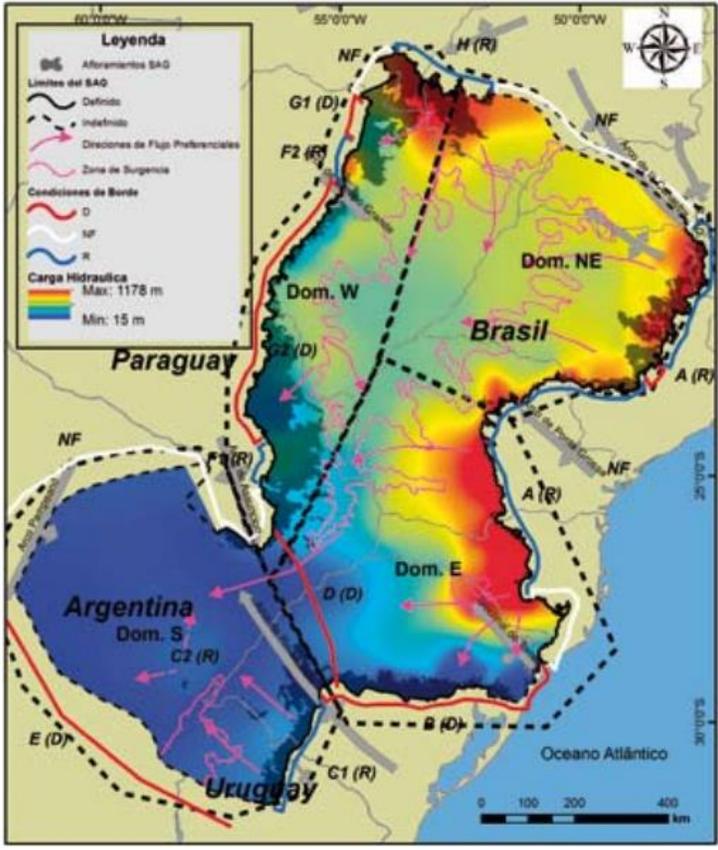


Figura 5. Mapa potenciométrico del SAG, indicando los dominios hidrogeológicos existentes. Fuente (Gasmans et al., 2012).

Marco geológico: Las unidades litoestratigráficas constituyentes del SAG, están representadas por las exploraciones litológicas de las cuencas del Paraná y Chacoparanense. Estas cuencas tienen un registro sedimentario y vulcanosedimentario que se desarrolla desde el Ordovícico hasta el Cretácico, indicando el progreso geológico de las provincias y los contextos paleogeográficos, tectónicos y sedimentarios de esa región (Gasmans et al., 2012).



Figura 6. Mapa geológico simplificado del substrato del Sistema Acuífero Guaraní.

Fuente (Gasrmans et al., 2012).

Hidrodinámica: el flujo de aguas subterráneas del SAG es de Norte a Sur acompañando el eje de la Cuenca del río Paraná. La zonas de recarga están determinadas por un flujo radial en puntos levados, concentrándose principalmente en Brasil. Las zonas d descarga están asociadas a las franjas de afloramiento, representadas en su mayoría en el borde Oeste, el cual alimenta la cuenca hidrográfica del río Paraguay (Gasrmans et al., 2012).

Balance hídrico: El balance hídrico realizado indica que la recarga no supera los 1,5 km³ de agua al año. Valor cercano a la tasa de explotación a la cual el acuífero está siendo sujeto actualmente (Gasrmans et al., 2012).

Modelo hidrogeológico conceptual del acuífero Nimboyores, Guanacaste, Costa Rica.

El Acuífero Nimboyores está localizado en la zona del pacífico norte de Costa Rica, en la provincia de Guanacaste, y es la fuente principal de suministro de agua para los centros poblados de Cartagena, Tempate y Lorena (Gracia & Arellano, 2012).

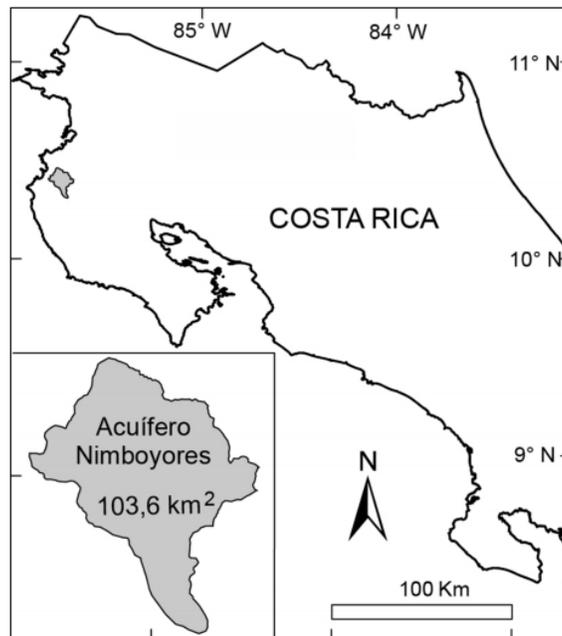


Figura 7. Ubicación geográfica del acuífero Nimboyores.

Fuente (García et al., 2012)

Geología: Está percibida por las formaciones geológicas de: Complejo de Nicoya, Formación Sabana Grande y Depósitos Coluvio-Aluviales (García et al., 2012).

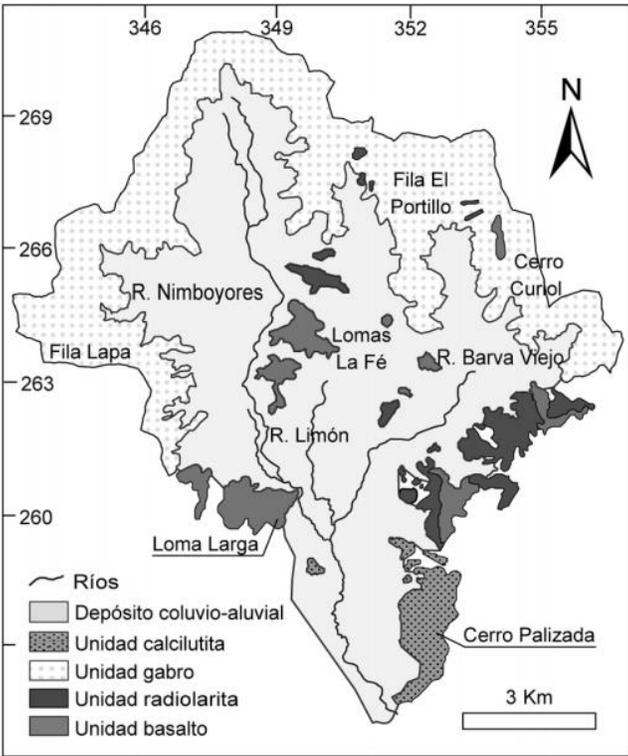


Figura 8. Geología de la zona del acuífero.

Fuente (García et al., 2012)

Hidráulica y recarga: Se calculó una recarga de 38,6 Mm³ /año; es decir 373 mm/año y conductividades hidráulicas de 10, 60 y 300 m/d para el suelo areno arcilloso, coluvio fino y coluvio grueso respectivamente (García et al., 2012).

Geofísica: el estudio realizó 7 Sondeos Eléctricos Verticales, encontrados a continuación.

Sondeo	Horizonte	Espesor (m)	Litología	Resistividad (Ohm*m)
SEV N°1	H1	1	Suelos arcillosos	40,7
	H2	45	Unidad coluvio aluvial Nimboyores	21,4 a 25,7
	H3	43 a ?	Basamento	4187
SEV N°2	H1	0,5	Suelos arcillosos	15,3
	H2	13,3	Unidad coluvio aluvial Nimboyores	23,3
	H3	14 a ?	Complejo Nicoya fracturado y saturado superficialmente	68, 5
SEV N°3	H1-H2	3,37	Material muy arcilloso	4,1 a 54,4
	H3	15	Basalto del Complejo de Nicoya. Este contraste de resistividades no permite ver con el espesor de la zona saturada de la unidad coluvio aluvial	2651
	H4	?		
SEV N°4	H1	0,63	Suelos limo arcilloso.	5,49
	H2-H3	5,60	Material muy arcilloso	24,3 a 64,3
	H4	?	Basalto del Complejo de Nicoya	1330
SEV N°5	H1	0,54	Suelos limo arcilloso	118
	H2	2,53	Material muy arcilloso	7,44
	H3	?	Basamento	
SEV N°6	H1	15,7	Unidad coluvio aluvial saturada	39,2
	H2	16 a ?	Basamento	18681
SEV N°7	H1-H2	0,5	Suelo arcillo limoso	553 a 1511
	H3-H4	7	Material coluvio aluvial sin saturación	1511 a 7522
	H5	?	Material muy resistivo	83 000

Figura 9. Resumen de resultados de sondeos eléctricos verticales.

Fuente (García et al., 2012)

Modelo Hidrogeológico Conceptual del Bajo Cauca Antioqueño.

La subregión del Bajo Cauca se encuentra al norte del departamento de Antioquia, en este sitio, el agua subterránea establece un recurso natural importante en virtud de su función ecosistémica, al conservar el caudal base y los niveles de ríos y ciénagas en épocas de sequía, porque este es la única fuente segura de abastecimiento de agua para más de 200.000 habitantes en los municipios de Caucasia, Cáceres y Nechi (Betancur, Mejia, & Palacio, Modelo hidrogeológico conceptual del Bajo Cauca antioqueño: un sistema acuífero tropical, 2009).

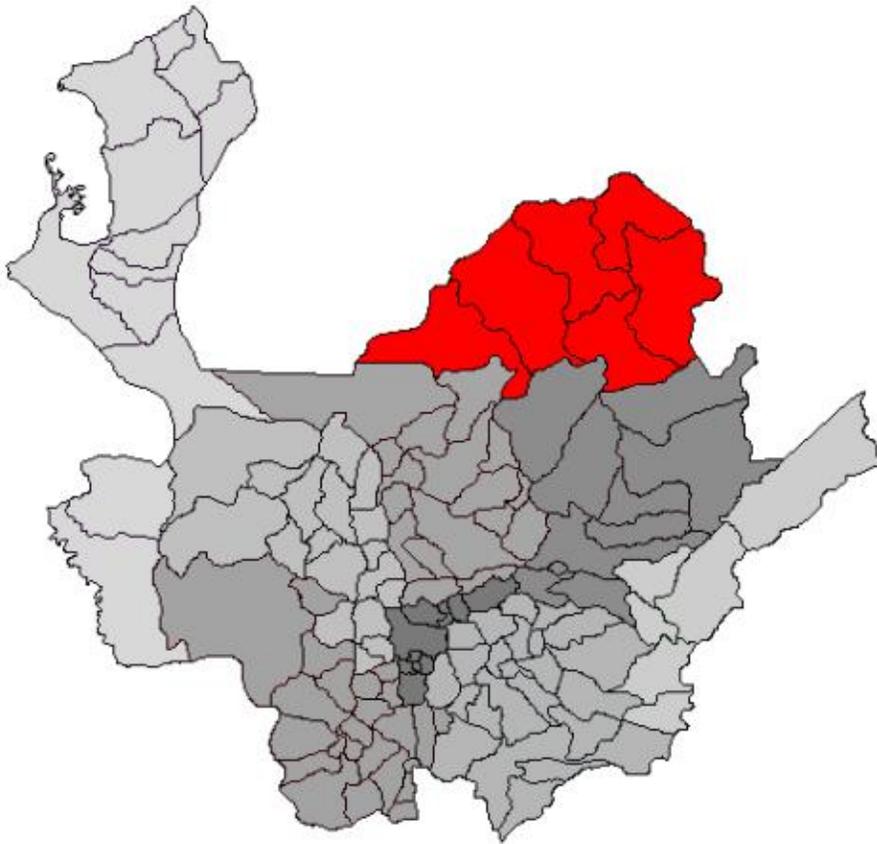


Figura 10. Localización de la zona Bajo Cauca Antioqueño.

Fuente (Acuarela del mundo , 2016).

Anexo a lo anterior, cabe aclarar que los elementos que en conjunto dan forma al modelo hidrogeológico conceptual del Bajo Cauca antioqueño, son: el medio físico, la distribución espacial y la geometría de las unidades hidrogeológicas, la identificación de fuentes de recarga y la estimación de su magnitud, la posición de la superficie piezométrica, las propiedades hidráulicas y las condiciones de calidad del acuífero libre (Betancur et al., 2009). Los resultados obtenidos en la realización del Modelo Hidrogeológico Conceptual -MHC para el Bajo Cauca antioqueño, muestran las características físicas de la zona de estudio además de la determinación de la calidad del agua del acuífero.

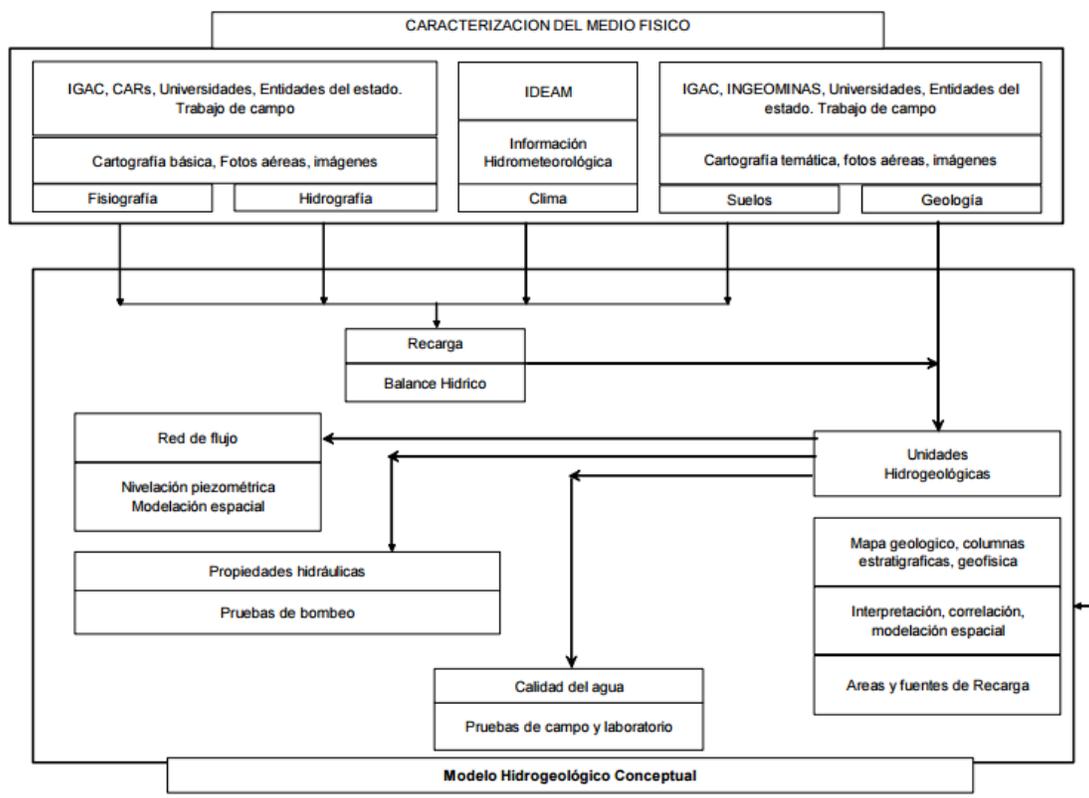


Figura 11. Esquema metodológico. Sintetiza la metodología seguida para obtener el modelo hidrogeológico conceptual del Bajo Cauca antioqueño.

Fuente:(Betancur et al., 2009).

Para la elaboración del MHC del Bajo Cauca Antioqueño, se tomó en cuenta la información arrojada y suministrada por la modelación numérica; la cual es usada durante la fase de exploración, proporcionando un acercamiento prudente a la representación que se tiene del sistema hidrogeológico estudiado (Betancur & Palacio, 2009).

Vulnerabilidad del acuífero: la evaluación realizada para determinar la vulnerabilidad del acuífero, fue un proceso en cual se ajustó la valoración de varias características del sistema, teniendo como resultado un mapa en donde se pueden diferenciar la zonas de mayor y menor vulnerabilidad (Rueda & Betancur, 2006).

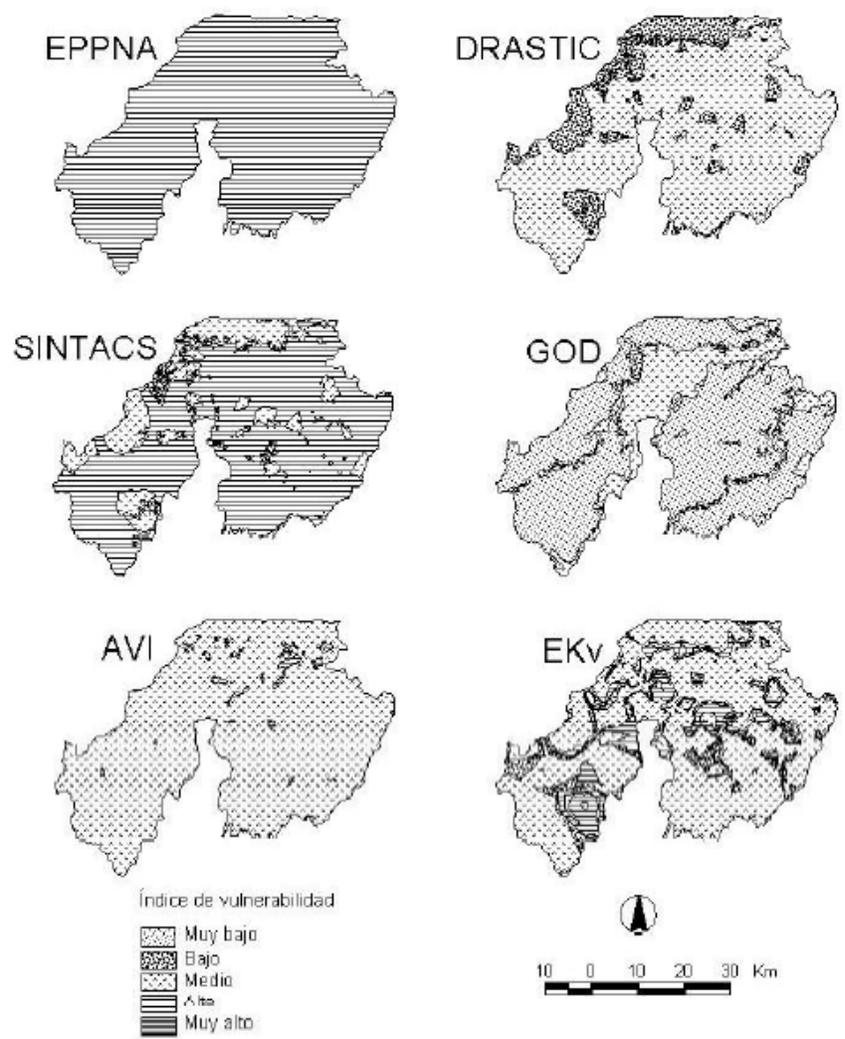


Figura 12. Vulnerabilidad de los acuíferos del Bajo Cauca Antioqueño.
Fuente (Rueda et al., 2006).

Los resultados arrojados determinan que el Bajo Cauca Antioqueño tiene un 78% de vulnerabilidad muy baja en el área de estudio (Rueda et al., 2006).

El medio físico: Es la zona estudiada que desciende desde el dominio montañoso de frentes erosivos de las cordilleras Occidental y Central, en Tarazá y Cáceres, el Bajo Cauca, se abre en una zona amplia, de topografía suave, con superficies planas y onduladas, correspondiente a las superficies de erosión Caucasia y Zaragoza-Cáceres y a las superficies aluviales de los ríos Cauca y Nechi, presenta rocas que corresponden a un basamento Paleozoico ígneo y metamórfico sobre el

cual reposan unidades litológicas constituidas por rocas y depósitos sedimentarios de edades Terciario y Cuaternario. La planicie del Bajo Cauca antioqueño está emplazada sobre un dominio sedimentario de edad Terciario con rocas de la Formación Cerrito y el Grupo Sincelejo. Regionalmente los depósitos aluviales recientes con más importancia están asociados a las llanuras de inundación de los ríos Cauca, Nechí y Man y a las terrazas asociadas al río Cauca (Betancur et al., 2009).

La localización tropical de la planicie del Bajo Cauca Antioqueño y sus condiciones climáticas, aproximadamente un promedio anual de 27,8°C y una precipitación promedio multianual de 2.800 milímetros, conforman un conjunto de circunstancias que dan a la zona un patrón climático homogéneo al que se le puede aplicar las denominaciones de tropical lluvioso de selva o cálido húmedo, caracterizándose por un régimen pluviométrico bimodal, con dos estaciones lluviosas, una entre abril y mayo y la otra desde septiembre hasta noviembre y dos períodos secos junio-agosto el primero y luego diciembre marzo (Betancur et al., 2009).

Las unidades hidrogeológicas: El sistema acuífero del Baja Cauca antioqueño está constituido por tres unidades hidrogeológicas:

- acuífero libre: El cual está conformado por una delgada capa de suelo y los depósitos aluviales de los ríos Cauca, Man, Nechi y Cacerí y el saprolito, abarca toda la planicie del área de estudio y sus mayores espesores se dan a lo largo de varias franjas longitudinales las cuales no son mayores a los 90 metros de profundidad (Betancur et al., 2009).
- un acuitardo: se encuentra constituida por el miembro medio de la formación cerrito, los espesores disminuyen desde 100 metros hasta que la unidad desaparece al norte. Los órdenes de magnitud de las profundidades alcanzan los 160 metros en el centro, al norte aproximadamente 20 metros y al sur son inferiores a 10 metros (Betancur et al, 2009).

- acuífero confinado: Este cuenta con espesores que varían entre 10 y más de 100 metros, es una unidad poco explorada y explotada, sin embargo, se podría constituir una importante reserva de agua subterránea para la región (Betancur et al, 2009).

Recarga: Para la zona de estudio, se identificaron tres fuentes de recarga las cuales se describen a continuación: en principio se tiene una recarga distribuida a lo largo y ancho de la planicie ocasionada por la infiltración directa del agua lluvia; en segundo lugar se produciría recarga a través de la interacción hidráulica que existe entre los principales cuerpos de agua superficial como lo son los ríos Cauca y Man y desde algunas ciénagas y jagüeyes; por último, se daría recarga lateral indirecta desde la roca metamórfica del sistema tanto hacia el acuífero libre como hacia el acuífero confinado. Las variaciones mensuales indican que en condiciones hidrológicas promedio los máximos valores de recarga se producen principalmente en septiembre y las condiciones críticas mínimas se dan en marzo (Betancur et al., 2009).

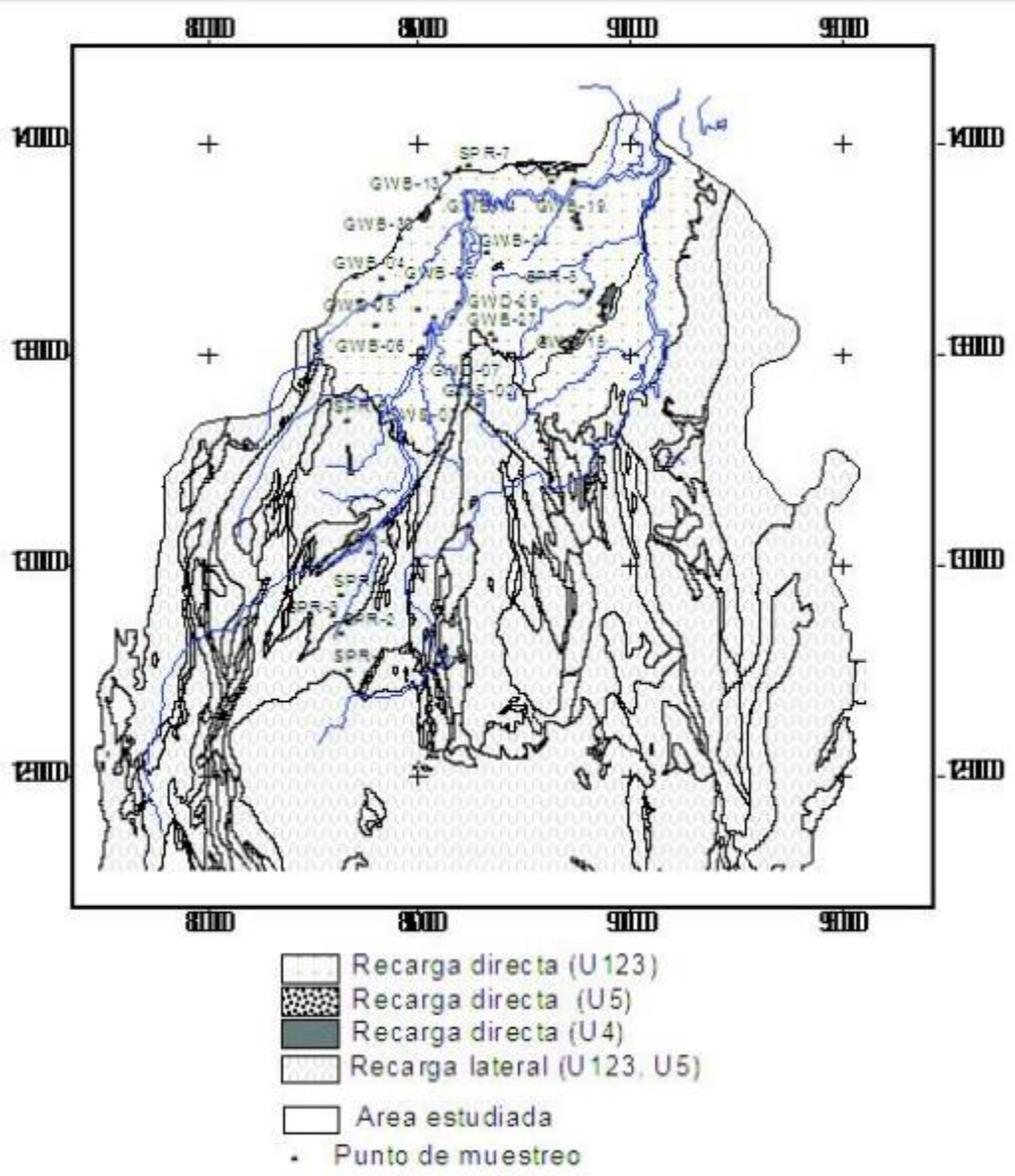


Figura 13. Modelo de recarga del sistema acuífero del Bajo Cauca antioqueño y red de monitoreo para su validación.

Fuente (Palacio & Betancur, 2008)

Propiedades hidráulicas: A partir de una serie de datos de conductividad hidráulica para el acuífero libre se obtuvo el modelo de distribución espacial de este parámetro según el cual el valor predominante alcanza el intervalo entre 1 y 2 m/día con zonas en las que se llega a 3 m/día (Betancur et al., 2009).

Calidad del agua subterránea: Para la calidad del agua subterránea se realizaron 123 muestreos, tomadas desde el acuífero libre, dando como resultado que el 21% de las captaciones no cumplen el criterio de color, el 19.7% con el de turbiedad, el 22% con alcalinidad, el 19.7% de las muestras superan el valor admisible de hierro total y el 62% está por fuera de los rangos de pH, la DQO y los nitritos registran el 13% y 11% de muestras por fuera de los rangos permitidos para esos parámetros, algunas muestras acumulan 4 o 5 parámetros con valores por fuera de la norma. En todos los casos en que se realizó medición de coliformes estos se encontraron presentes, situación no deseada en agua para consumo humano (Betancur et al., 2009).

El modelo hidrogeológico para el Bajo Cauca Antioqueño compone una primera contribución al conocimiento del sistema hidrogeológico; sin embargo, se recomienda continuar con estudios más especializados para lograr una comprensión total que permita intervenir sobre criterios de sostenibilidad ambiental. Seguido a este punto se continúa con el estado del arte que abarca el tema.

Modelación De Acuíferos Para El Aprovechamiento Sostenible Del Agua Subterránea (caso de estudio Valle del Cauca – Colombia).

La zona plana del Valle del Cauca se encuentra limitada por los ríos Cauca, Tuluá y Guadalajara, junto con la línea de piedemonte, en un área aproximada de 289.7 Km², se caracteriza por ser una región, donde el aprovechamiento del agua subterránea juega un papel importante en el desarrollo de la actividad agrícola e industrial. Geológicamente la zona de estudio se caracteriza por presentar dos tipos de depósitos cuaternarios; los más predominantes son los materiales aluviales comunes a lo largo del curso del río Cauca, consistentes en depósitos clásticos gruesos a muy gruesos, de gravas estratificadas y relativamente bien seleccionadas, gravas arenosas y arenas con unidades locales de limos. El segundo tipo de depósito son los conos aluviales generalmente complejos, están

Análisis Hidrogeológico: Se realizó con base en los valores de Conductividad Hidráulica obtenidos de los pozos ya existentes en la región, por medio de análisis de pruebas de bombeo, se obtuvo un mapa de isoconductividad hidráulica utilizando un modelo de elevación. Una vez recopilada y analizada la información de carácter hidrológica se establece que para el año hidrológico el aporte pluviométrico es de 1083.67 mm/año, la evapotranspiración es de 811.04 mm/año, el aporte de riego es de 722.11 mm/año y la variación en el almacenamiento es 299.78 mm/año, lo cual arroja una infiltración de 478.32 mm/año, de los cuales un 10% es considerado como escorrentía superficial, es decir 47.83 mm/año, dando como resultado una infiltración o recarga para el acuífero de 430.5 mm/año para la zona de estudio (Gutiérrez et al., 2004).

Dimensionalidad: Se desarrolló un modelo en tres dimensiones, el cual se caracteriza por estar subdividido en tres diferentes capas de espesor variable, cada una de estas capas representa las unidades localizadas en el área de estudio, el estudio de los aproximadamente 289.7 Km² del área se realizó mediante una malla uniforme y rectangular de 155 filas y 115 columnas, cada celda posee una superficie de 40000 m² teniendo un espesor variable en función de la profundidad estimada del acuífero en cada punto. El modelo posee un total de 53475 celdas, por cada capa posee 17825, de las cuales 7240 son celdas activas y 10585 son inactivas. Este tamaño de celdas se escogido con base a la precisión deseada y a la gran densidad de puntos de bombeo (Gutiérrez et al., 2004).

Mecanismos de Recarga y Descarga: Las descargas en el modelo están definidas por el río Cauca que actúa como receptor, debido a topografía del terreno y los caudales extraídos de los pozos de bombeo. Estos caudales, fueron sometidos a un proceso de ajuste, que permitió expresarlos en caudales diarios, considerando los períodos de bombeo otorgados para cada uno de ellos (Gutiérrez et al., 2004).

Con la simulación de los diferentes escenarios, se aprecia cual es el comportamiento que presentan las líneas piezométricas y direcciones de flujo bajo diferentes condiciones, permitiendo realizar un análisis de la influencia que pueden tener los niveles de explotación sobre los acuíferos y principalmente como debe ser su manejo para condiciones en las cuales el estado del acuífero es crítico (Gutiérrez et al., 2004).

El escenario expuesto como normal, permite hacer comparaciones del cambio en los niveles piezométricos y de la variación en los regímenes de explotación, lo cual se convierte en una herramienta para la planificación y el manejo del recurso hídrico subterráneo. Considerando que en la actualidad, la planificación sobre este recurso, no está incluida dentro de los planes de ordenamiento territorial de los municipios correspondiente a la zona de estudio (Gutiérrez et al., 2004).

Determinación de los conceptos técnico operativos para el Plan de Manejo de Aguas Subterráneas de la Isla de San Andrés.

Durante el desarrollo del proyecto, se definió un modelo hidrogeológico conceptual de acuerdo a la información disponible, que simula los niveles piezométricos en los pozos a partir del balance de masas entre precipitación, bombeo y flujo subterráneo (Carmona, 2011).

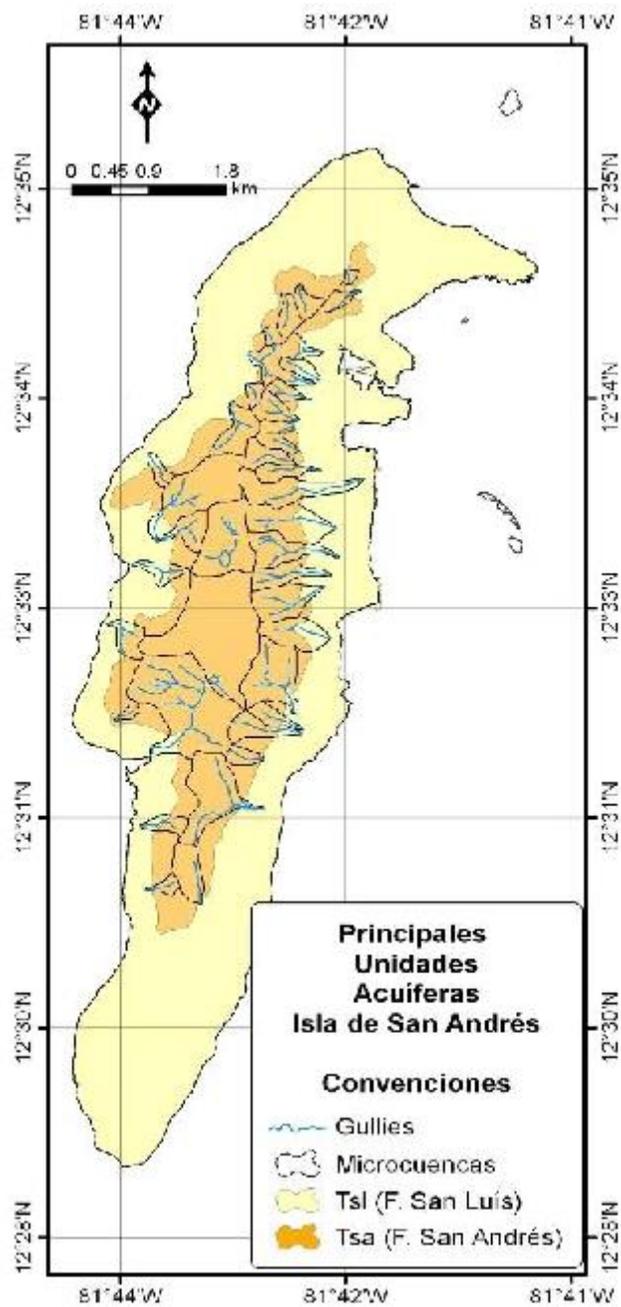


Figura 15. Unidades hidroestratigráfica principales de la isla de San Andrés.

Fuente: (Carmona, 2011).

Geología: San Andrés es una isla formada por el crecimiento de los corales alrededor de un cono volcánico que posteriormente se hundió, dejando un anillo coralino, que creció verticalmente, se pueden reconocer fácilmente cuatro tipos de litología con edades del Terciario al Cuaternario. La más antigua, que no aflora,

corresponde a un basamento ígneo-volcánico, sobre la cual se encuentra la formación San Andrés conformado por calizas heterogéneas, de edad Mioceno. El basamento, aunque no aflora, probablemente está constituido por rocas similares a las aflorantes en la isla de Providencia, compuestas por andesitas, traquiandesitas, diabasas y basaltos (Carmona, 2011).

Geometría y tipo de acuífero: El acuífero de la isla consiste en dos unidades hidroestratigráficas con características geológicas kársticas, ambas clasificadas como acuíferos libres, denominadas acuífero San Andrés y acuífero San Luis. El acuífero San Andrés comprende un área superficial de 17.13km² del territorio insular, con alturas entre los 4 y 85 m.s.n.m. y el acuífero San Luís con un área superficial de 9.89km², con alturas entre los 0 y 44 msnm, presentándose las máximas en el nororiente y occidente de la isla. Dados los espesores de los dos acuíferos se podría considerar el modelo hidrogeológico con una sola capa hidroestratigráfica, sin embargo debido a las diferencias en características como la recarga y la calidad de agua se hace la separación (Carmona, 2011).

Permeabilidades: La zona de mayor interés para el estudio hidrogeológico dada su productividad es la cuenca del Cove, zona ubicada en el centro de la formación San Andrés con un área de 3 km². Allí se presenta la disolución kárstica más intensa debido a la densidad del diaclasamiento que influye fuertemente en el parámetro de permeabilidad del acuífero. De acuerdo al análisis de pruebas de bombeo, las zonas de mayor permeabilidad se encuentran asociadas a la Falla del Cove, mientras en zonas más alejadas, se presentan valores con un orden de magnitud menor. Dentro de las suposiciones más fuertes se encuentra el aumento importante de permeabilidad a lo largo zonas de falla y lineamientos en la dirección del flujo de agua subterránea para simular una posible red canales no conocida; este tipo de metodología ha sido probada en modelación de acuíferos kársticos mejorando notablemente los resultados obtenidos (Carmona, 2011).

Direcciones de flujo: Las direcciones de flujo en la isla presentan dos líneas predominantes: Un flujo radial divergente desde la divisoria de la cuenca del Cove hacia el resto de la isla evidenciándose zonas de descarga en la línea de costa, y una zona convergente desde los límites de la cuenca del Cove hacia la zona de la Falla del Cove (Carmona, 2011).

Recarga: Los procesos más importantes de recarga se presentan sobre la formación San Andrés especialmente en la Cuenca del Cove donde la rápida respuesta de los niveles a las intensidades de la lluvia muestran el alto dinamismo del acuífero. Sin embargo este comportamiento no se evidencia en otras zonas de la isla, por lo que se supone que sobre la zona del Cove se presentan las calizas más intensamente fracturadas, que favorecen considerablemente los procesos de infiltración y percolación. La hidrología de la isla pueden alterar las tasas de recarga considerablemente debido a la disminución o aumento de la precipitación (Carmona, 2011).

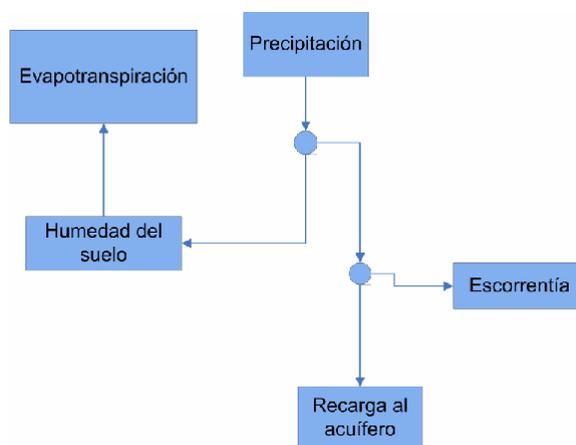


Figura 16. Metodología para la estimación de la recarga propuesta por Témez 1977.

Fuente: (Carmona, 2011).

Calidad de agua: En el Cove el agua presenta conductividades menores a 1250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y en general se clasifica en su mayoría como bicarbonatada cálcica. En la formación San Luís, las conductividades eléctricas alcanzan los 55000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en algunos sectores y generalmente el agua se clasifica como Clorurada-Sulfatada,

excepto en la zona nororiental y parte de la oriental, donde se infiere que existe un lente de agua con menor salobridad, esto se atribuye a la existencia de una zona de descarga preferencial desde el acuífero San Andrés (Carmona, 2011).

Caudales y tipo de explotación: El campo de pozos para el Cove, se empezó a explotar desde 1966 con caudales iniciales de 25 l/s, alcanzando valores de 50 l/s para el año 1985 en donde se presentaron síntomas de sobreexplotación en el acuífero y se tomaron medidas de gestión para lograr un caudal concesionado actual de 30 l/s. En la formación San Luís la explotación consiste principalmente en extracción del agua subterránea por medio de aljibes y barrenos, con caudales bajos de explotación y estimándose que la explotación de aljibes y barrenos alcanza conjuntamente los 100 l/s. (Carmona, 2011).

Modelo hidrogeológico conceptual y análisis de vulnerabilidad a la contaminación del acuífero de Duitama Boyacá – Colombia.

Para desarrollar el modelo hidrogeológico conceptual se hizo una caracterización hidrogeológica de las formaciones geológicas presentes en el área, se estableció su distribución lateral y en profundidad, se identificó su interrelación con los principales cuerpos de agua superficial, se evaluó la información hidrológica e hidrogeológica disponible (Monroy & Gonzáles, 2010).

Geología estructural: Las rocas aflorantes en la zona de estudio pertenecen a la cordillera Oriental, la cual fue depositada en un miogeosinclinal con sedimentos que van desde el Paleozoico hasta depósitos recientes, a lo largo del cual se desarrollaron cuencas y subcuencas, cada una de las cuales tiene características definidas.

En el Cretáceo hasta el Plioceno se sucedieron varias fases orogénicas que dieron origen a la Falla de Boyacá, que pone en contacto las formaciones de las cuencas Arcabuco-Villa de Leyva y Duitama-Tunja. En el Cretáceo, los sedimentos

depositados después de un gran período de erosión, dan lugar a las Formaciones Tibasosa y Beiencito. Luego de transgresiones y regresiones, se depositaron las formaciones Churuvita y Conejo. En el Santoniano se dio la sedimentación de la Formación Plaeners. Posterior a ésta, se depositaron las areniscas de la Formación Labor y Tierna indicando el retiro del mar, debido al continuo levantamiento del territorio, creando condiciones para la deposición de la Formación Guaduas. En el Terciario, la sedimentación tiene lugar en cuencas heredadas del miogeosinclinal, que están en subsidencia. En el Oligoceno superior se inició la formación de la Cordillera Oriental, que duró probablemente hasta el Plioceno. Los materiales levantados se erosionaron rápidamente, y se acumularon en las depresiones de la región, en cuencas sedimentarias. Estos depósitos postandinos dieron lugar a cuaternarios mixtos tales como abanicos aluviales y depósitos fluviolacustres (Monroy et al., 2010).

Principales acuíferos: Los principales acuíferos presentes en el área de estudios están representados por las siguientes formaciones; formación Cuche, formación Montebel, formación La Rusia, formación Tibasosa, formación Une, formación Conejo, formación Plaeners, formación Labor y Tierra, formación Guaduas, Depósitos aluviales, Depósito fluvio lacustre (Monroy et al., 2010).

Acuitardos: se identificaron acuitardos en la cuenca como: formación Conejo, Formación Plaeners, Formación Guaduas (Monroy et al., 2010).

Recarga: la recarga de los acuíferos coinciden con las zonas de afloramiento. Gran parte de la cuenta está cubierta por acuíferos de porosidad secundaria por lo cual la infiltración no es homogénea y está limitada por la presencia de niveles arcillosos impermeables lo cual impide la infiltración y recarga hacia los acuíferos que se hallan en profundidad (Monroy et al., 2010).

Espesor y profundidad del acuífero: El espesor del acuífero principal varía ampliamente pero se considera que tiene un promedio de 100 m. De este espesor

promedio que está integrado por un sello superior impermeable (de arcillas), gravas y arenas con intercalaciones arcillosas; se puede promediar un espesor neto del acuífero de 50 m (Monroy et al., 2010).

Elaboración del modelo hidrogeológico para los acuíferos de Santa Fe De Bogotá D.C.

El área de estudio, comprende al Occidente El Río Bogotá, al Oriente el Río Teusacá, al Norte la confluencia de los Ríos Teusacá y Bogotá, y al Sur los Cerros de Quiba y Cazuca. La recopilación y análisis de información presentada se refieren fundamentalmente al inventario existente de puntos de agua; la información geológica, hidrológica, geofísica e hidroquímica (DAMA, 2008).

Sistemas acuíferos: Con base en el análisis de la información existente se determinó que en el área de estudio existen dos sistemas acuíferos principales de extensión regional.

- **Acuífero Sabana:** Corresponde a sedimentos Cuaternarios con un espesor de hasta 400 m que pueden producir caudales de hasta 5 lps. Este acuífero es el de mayor explotación en el área de estudio (DAMA, 2008).
- **Acuífero Guadalupe (Arenisca Labor Tierna):** Corresponde a areniscas cretácicas con un espesor promedio de 120 m que puede producir caudales del orden de 20 lps. A pesar de ser el acuífero más importante en el área, debido a la profundidad a la que se encuentra (entre 800 m a 1300 m en la mayoría del área) su explotación es limitada y localizada en aquellos lugares cerca a los afloramientos (DAMA, 2008).

Caudales de bombeo y niveles estáticos: Del análisis de los caudales de bombeo de los pozos inventariados se determinó que existen dos centros de bombeo principales: el primero ubicado al sur del área cerca al río Tunjuelito y otro

ubicado al norte cerca al río Bogotá frente al municipio de Cajicá. El caudal total explotado de acuerdo a los datos reportados es de 1041 l/s (DAMA, 2008).

Conductividad hidráulica:

A continuación se presentan los valores de conductividad hidráulica asignados al modelo

UNIDAD	Kx=Ky (m/día)	Kz (m/día)
Fm Sabana (Qs)	0.05	0.005
Fm. Tilatá (QTt)	2	0.02
Fm. Cacho (Tpc)	0.06	0.006
Fm Regadera (Tpr), Bogotá (Tpb), Guaduas (TKg)	0.01	0.0001
Fm. Labor Tierna (Ksglt)	1.5	0.0015
Fm. Arenisca dura (Ksgd)	0.2	0.02
Fm Chipaque (Ksch)	0.0001	0.00001
Fallas	0.025	0.0025

Figura 17. Valores de conductividad hidráulica asignados al modelo.

Fuente: (DAMA, 2008).

Coefficiente de almacenamiento específico y porosidad eficaz:

A continuación se presenta el coeficiente de almacenamiento específico y porosidad eficaz de la zona estudiada.

CAPA	Ss (1/m)	Sy
1	0.000002	0.1
2	$1 \cdot 10^{-9}$	0.05
3	0.000002	0.1
4	$1 \cdot 10^{-7}$	0.05
5	$1 \cdot 10^{-6}$	0.2

Figura 18. Coeficientes de almacenamiento específico y Porosidad eficaz.

Fuente: (DAMA, 2008)

Recarga:

A continuación se presenta la zonas de recarga definidas por medio de infiltración.

ZONA	INFILTRACION (mm/año)
1	5
2	50
3	100
4	200
5	250

Figura 19. Zonas de recarga definidas.

Fuente: (DAMA, 2008)

3.2.2 Bases conceptuales para la construcción preliminar de un modelo hidrogeológico.

Un modelo hidrogeológico es una representación descriptiva y gráfica de un sistema acuífero que incorpora una interpretación de las condiciones geológicas e hidrogeológicas y su interrelación con sistemas asociados (ríos, lagos, ecosistemas, mar). Un modelo hidrogeológico conceptual es dinámico ya que se construye a partir de variables temporales como las climatológicas, hidrológicas e

hidráulicas. Para establecer el modelo hidrogeológico conceptual de un acuífero, se debe recolectar, analizar, evaluar e integrar información sobre la geología, geofísica, inventario de puntos de agua subterránea, hidrología, hidroquímica, hidráulica subterránea, entre otros (IDEAM, 2014).

El modelo hidrogeológico conceptual es dinámico y funcional de acuerdo al grado de importancia que se le da a la actualización de las variables hidrogeológicas y las estadísticas de extracción y recarga por medio de la realización de un monitoreo constante y sistémico. Se construye atendiendo los dominios, parámetros y variables mostradas en la figura 20 (IDEAM, 2013).

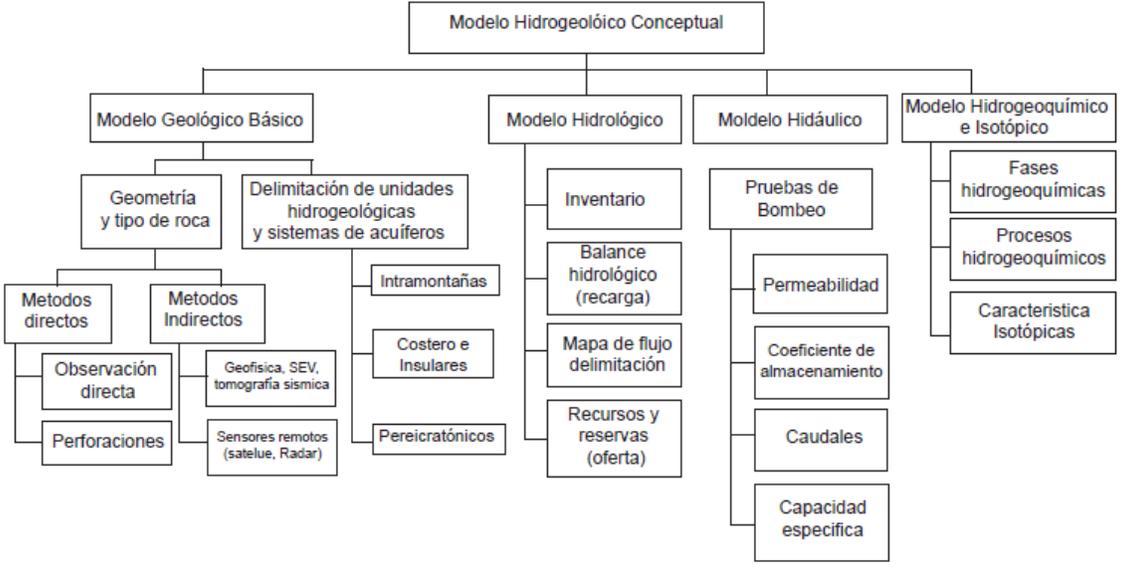


Figura 20. Modelo hidrogeológico conceptual.

Fuente: (IDEAM, 2013)

- **Evaluación geológica-geofísica:** esta evaluación está compuesta por la combinación de métodos directos que comprenden el afloramiento, levantamiento de columnas estratigráficas, elaboración de secciones geológicas – geofísicas, análisis de registros de perforaciones exploratorias,

procesamiento de imágenes y la interpretación de Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) o registros geofísicos de pozos (IDEAM, 2013).

- **Evaluación hidrológica:** permite reconocer el distribución espacio temporal de la recarga, dinámica del flujo, balance hídrico y flujos base. El modelo hidrológico se constituye a partir de información hidroclimática, uso de trazadores e inventarios de puntos de agua que se realizan mediante campañas que permiten recolectar la información de usos y usuarios, además de otras variables que se contemplan en el Formulario Único nacional para Inventario de Aguas Subterráneas (FUNIAS) (IDEAM, 2013).

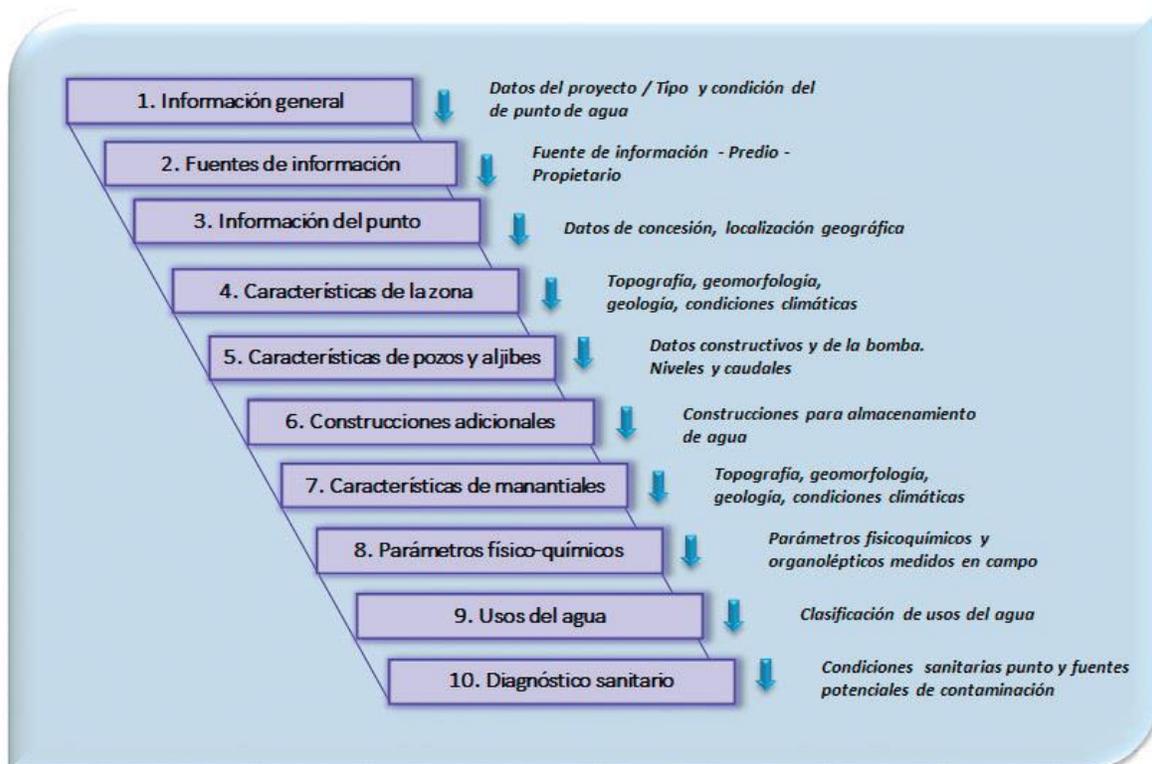


Figura 21. Información contenida en el formulario único nacional de inventario de puntos de agua.

Fuente: (IDEAM, 2014).

- **Evacuación hidrogeoquímica e isotópica:** reconoce los facies hidrogeoquímicas, separar y examinar sistemas de flujos, determinar la edad del acuífero y reconocer las afectaciones por la actividad antrópica,

estos se puede realizar por medio del seguimiento en redes de monitoreo e información resultante de inventarios de puntos de agua (IDEAM, 2013).

- **Modelo hidráulico e hidrodinámico:** caracteriza si el acuífero es libre, confinado o semiconfinado. Estudia las características hidráulicas como permeabilidad, caudales de explotación y las afectaciones por actividad antrópica (IDEAM, 2013).

3.2.3 Recolección de información secundaria para la construcción preliminar de un modelo hidrogeológico para la quebrada Manizales.

Para la elaboración preliminar del modelo hidrogeológico asociado a la quebrada Manizales, fue necesario correlacionar la información secundaria notable relacionada a la zona e estudio y con ella determinara ciertas características del acuífero. En la Tabla 2, se muestra las fuentes utilizadas y el tipo de información extraída de cada una de ellas.

Tabla 2. Recolección de información secundaria para la elaboración preliminar del Modelo Hidrogeólogo Conceptual

FUENTE	INFORMACION SUMISTRADA
Casas, E. A., Hernández, R., Montoya, C. A. & Trujillo, L. G. (2000). Estudio geoelectrico de las formaciones superficiales de Manizales. (Tesis de pregrado), Universidad de Caldas-Manizales.	Se extrajo información importante de las formaciones geológicas de Manizales, topografía, Sondeos Eléctricos Verticales realizados a diferentes zonas de la ciudad, características generales de Manizales, Formulas para cuantificación de escorrentía superficial y Evapotranspiración.
PLAN DE ACCIÓN INTEGRAL Microcuenca de la quebrada Manizales	Características de la quebrada Manizales, mapas de ubicación de la quebrada y el dato de la posible escorrentía superficial de esa zona
Gonzales, H., (2001). Geología de las Planchas 206 Manizales Y 225 Nevado Del Ruíz: INGEOMINAS. Colombia	Especificaciones concretas de los complejos y formaciones que componen el área de estudio y en general de Manizales

Vélez, M. V. y Vásquez, L. M. (2004). Métodos para determinar la recarga en acuíferos.	Explicación de las diferentes maneras de recarga de acuíferos y cuantificación del balance hídrico
Bastidas, J.C. & Ramírez, L. C. (2007), Determinación de la Carga Contaminante de Origen Industrial Vertida Sobre la Quebrada Manizales. (Especialistas en Ingeniería Ambiental). Universidad Nacional de Colombia – Manizales	Determinación de los tipos y cantidades presentes en el agua de la quebrada Manizales, por los vertimientos realizados.
Expedientes de exploración de agua subterránea de las empresas INVERMEC s.a. y SUPER	Información Hidráulica, Sondeos Eléctricos Verticales y Calidad del agua del pozo

Fuente: Elaboración propia

3.2.4 Construcción preliminar de un modelo hidrogeológico conceptual para la quebrada Manizales.

Descripción área de estudio:

El municipio de Manizales, capital del departamento de Caldas, se encuentra ubicada sobre la vertiente occidental de la Cordillera Central, enmarcada dentro de la zona de convergencia intertropical, la cual determina características climatológicas particulares de un clima ecuatorial como la alta precipitación con distribución bimodal con Marzo, Abril, Mayo, Septiembre, Octubre y Noviembre como los meses de mayor precipitación en el año, alta humedad y cambios bruscos de temperatura. La altura sobre el nivel del mar es de 2150 m, la temperatura oscila entre 17.5 °C y 21°C, la precipitación varía entre 2000 y 2400 mm/año de promedio para las vertientes del río Chinchiná. La zona de estudio se caracteriza como Bosque Húmedo Montano Bajo, de la cual hacen parte las altas vertientes cordilleranas del piso térmico frío y tiene una humedad aproximada al 78%. Manizales limita con los departamentos de Neira hacia el norte, al oriente con Marulanda, occidente con Chinchiná, Palestina y Anserma, al sur con Villamaría (Casas, Hernandez, Montoya, & Trujillo, 2000).

La cabecera del departamento se localiza a las 5° de latitud Norte y 75° con 31' de longitud al Oeste del meridiano de Greenwich. En esta ciudad se utilizan pozos o

aljibes artesianos de bombas impelentes para el aprovechamiento de las aguas subterráneas en el consumo humano doméstico, teniendo profundidades aproximadas de 6 a 10 metros y su extracción data desde la fundación de la ciudad hasta finales de la década de 1930 (Casas et al., 2000).

Cuenta con cinco subcuencas hidrográficas que hacen parte de la cuenca del Río Chinchiná y de las cuales dos son las fuentes de abastecimiento de agua para la parte urbana de la ciudad.

- Subcuenca del río Chinchiná.
- Subcuenca del río Chinchiná y la quebrada Cajones.
- Subcuenca del río Molinos.
- Subcuenca del río Claro.
- Subcuenca del río Blanco.

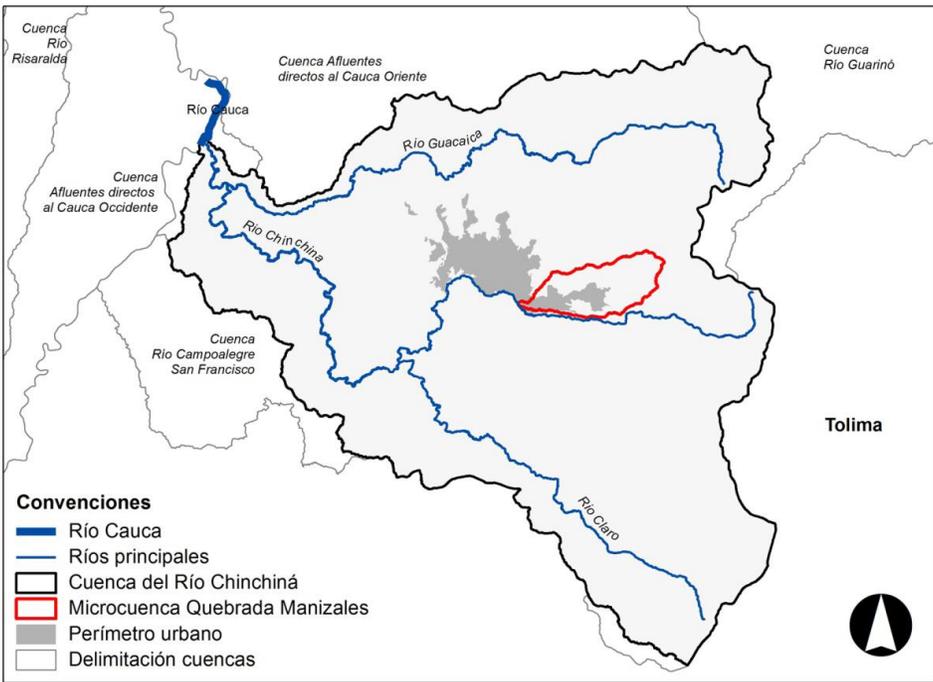


Figura 22. Localización de la Microcuenca Quebrada Manizales en la Cuenca Río Chinchiná, Fuente: (Corpocaldas, FESCO, Alcaldía de Manizales, Aguas de Manizales, 2012).

La zona de estudio conocida como la Microcuenca de la Quebrada Manizales hace parte de la cuenca del Río Chinchiná, se encuentra localizada en la región centro sur del departamento de Caldas, cuenca de alta montaña que nace en el Parque Nacional Natural Los Nevados a una altura de 5400 m.s.n.m, cuyas aguas tributan a la cuenca del Río Cauca. Este territorio concentra gran parte de la producción industrial y agropecuaria de la región, principalmente cafetera, de los municipios de Manizales, Villamaría, Chinchiná, Neira y Palestina, generando el 80% del PIB del Departamento de Caldas. Dicha cuenca alberga aproximadamente a 594.631 habitantes (Corpocaldas, FESCO, Alcaldía de Manizales, Aguas de Manizales, 2012).

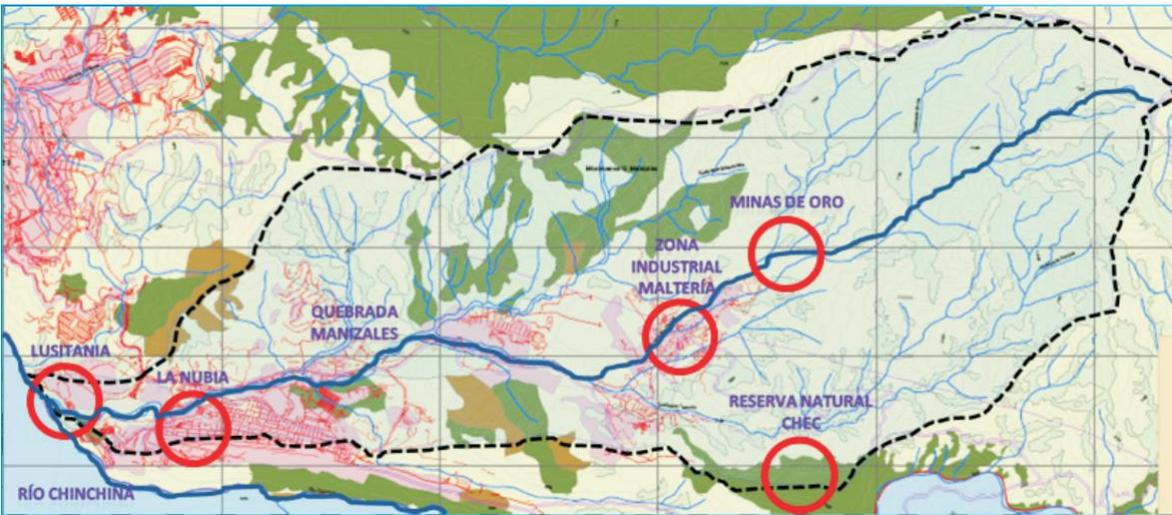


Figura 23. Microcuenca quebrada Manizales.

Fuente: (Corpocaldas, 2012).

La Quebrada Manizales, tiene un territorio de 2.882,09 Hectáreas de las cuales 778,39 Has son suelo urbano y 2103,7Has son suelo rural. Dicha extensión corresponde al 5,48% del total del territorio del municipio. Se ubica en la región central del occidente colombiano, específicamente al nororiente del municipio de Manizales, sobre la vía que conduce a los departamentos de Tolima y Cundinamarca, La Microcuenca limita al norte con la vereda Buenavista y la reserva de rio Blanco (Manizales), al oriente con la vereda Letras (Tolima), al occidente con la microcuenca de la quebrada el Perro y parte del Bosque Popular

el Prado (Manizales) y al sur con el Aeropuerto la Nubia (Manizales). Cuenta con un clima tropical Ecuatorial con una temperatura promedio de 18°C y una humedad relativa de 80.9 % y la altitud está entre los 2100 m.s.n.m. y 3000 m.s.n.m. aproximadamente (CORPOCALDAS et al., 2012).

La Quebrada Manizales tiene el paisaje de montaña, el cual corresponde a un tipo de paisaje alto y accidentado, con un tipo de relieve representativo que conforman la montaña en el área correspondiente a esta Microcuenca, la precipitación promedio anual para la zona es de 1850 a 2000 mm/año, se presentan a través del año dos picos de máxima precipitación para los meses de Abril -Mayo y Octubre – Noviembre y de igual manera existen dos picos de mínima precipitación en los meses de Julio – Agosto y Enero – Febrero (CORPOCALDAS et al., 2012).

Medio físico.

Geología:

Manizales se encuentran dos sistemas de fallas de carácter regional, acompañadas de fallas y lineamientos locales que cruzan la ciudad en diversas direcciones, determinadas por las características típicas de los lugares por donde pasa una falla (Casas et al., 2000).

Fallas Norte – Sur

Falla de Manizales

Falla el perro

Falla Solferino – Milán

Falla Romeral

Fallas Este – Oeste

Falla Villamaría – Termals

La topografía quebrada es predominante, con montañas de fuertes inclinaciones, asociado al complejo Quebradagrande, las formaciones Casabianca y Manizales, que son unidades fluviovolcánicas y aluviales que corresponden a geoformas

planas y hacia el Oriente el relieve se suaviza a causa de los depósitos de caída piroclástica inconsolidada; compuesta por cenizas arenas volcánicas y lapilli que representan la última actividad explosiva del complejo Volcánico Ruiz-Tolima, el cual puede tener espesores de 20 metros (Casas et al., 2000).

Para el caso de estudio y construcción preliminar del Modelo Hidrogeológico Conceptual del acuífero asociado a la quebrada Manizales, se determinaron las características geológicas que predominan en el área de estudio, encontrando que las formaciones existentes en este lugar son las siguientes:

En Manizales se encuentra aflorante un basamento Cretácico que está comprendido en gran parte de la cordillera Central, conocido como complejo Quebradagrande (Casas et al., 2000). Este complejo se caracteriza por tener intercalaciones de rocas volcánicas y sedimentarias, con amplias variaciones litológicas tanto en la secuencia sedimentaria como en la relación entre flujos volcánicos y capas piroclásticas. Está compuesto por dos miembros a saber:

- Compuesto de metasedimentos, en el cual se encuentran lodolitas negras, cherts, arenitas feldespáticas y conglomerados con fragmentos de rocas básicas o cuarsitas de ambiente batial a nerítico (Gonzáles, 2001).
- Miembro meta-volcánico, está compuesto de rocas básicas y ultrabásicas aflorantes en la margen izquierda de la falla de Romeral (Gonzáles, 2001).

La formación Casabianca está compuesta por sedimentos volcanogénicos de grano grueso en su mayor cantidad y en menor cantidad de encuentran ignimbritas, tobas y sedimentos volcánicos de grano fino, como productos del volcanismo Ruiz-Cerro Bravo, originada a causa de la creación lateral depositada en el piedemonte de Manizales, como resultado de la poca capacidad de los ríos para transportar flujos como lo son los escombros del vulcanismo. Los afloramientos de esta formación se encuentran en alto grado de meteorización,

encontrados principalmente al Sureste y Occidente de la ciudad y con aproximadamente 50 metros de espesor (Casas et al., 2000).

El Stock de Manizales es un cuerpo de rocas granitoides que aflora al norte del Volcán Nevado del Ruiz y al este de la ciudad de Manizales, de donde recibe su nombre. Tiene una extensión aproximada de 60 km² y en gran parte se encuentra cubierto por depósitos piroclásticos provenientes de la acción pliocuaternaria del Complejo Volcánico Ruiz - Tolima Macroscópicamente, el cuerpo está constituido por rocas faneríticas equigranulares de grano medio a fino, color sal y pimienta y composición predominante granodioritatonalita. Los mejores afloramientos se encuentran en las carreteras Neira - Marulanda y Manizales - Letras, en los ríos Blanco, Guacaica y Chinchiná y en las quebradas Manizales, Volcanes y La Elvira (González, 2001).

Los depósitos del río Chinchiná corresponden a las terrazas del mismo, determinados como clasto-soportados con matriz arenosa y con compuestos minerales de cuarzo, hornblenda, moscovita, pómez y rocas ígneas y metamórficas y con los depósitos se puede resaltar la formación del Domo de Tesorito, el cual se considera el cráter de un volcán dormido formado por andesitas basálticas columnares, ubicado en el sector de estudio, barrio la Enea (Casas et al., 2000).

Geofísica:

Por la información suministrada de estudios anteriores se pueden definir algunas características relacionadas al acuífero estudiado, esto en base a la información recolectada como análisis exploratorio de dos pozos actualmente utilizados en el sector industrial de Manizales y la realización de Sondeos Eléctricos Verticales por estudiantes de la Universidad de Caldas en el año 2000.

Sondeos Eléctricos Verticales (SEV): Los SEV que se estudiarán son relacionados a las zonas de interés para lograr la caracterización del acuífero.

- Estudio realizado en los sectores de Cerro de Oro, Villa Café, Puente de la libertad y el Bosque Popular el prado de la ciudad de Manizales.

En el cual se determinaron tres capas, en las cuales se encontraron suelos compuestos de piroclastos asociados a paquetes altamente compactados tipos de ceniza y arena seca y arena medianamente consolidado. Metasedimentos poco profundos y probablemente fracturados, rocas profundas posiblemente fracturadas y diaclasas del Complejo Quebradagrande. Depósitos cuaternarios de terraza aluvial del río Chinchiná (Casas et al., 2000).

- Estudio realizado en los sectores de los Cambulos y Aeropuerto de la ciudad de Manizales.

Se determinaron tres capas, encontrándose capas piroclásticas de poco espesor asociada a cenizas y arenas compactas. Depósitos cuaternarios bloque-soportado y matriz-soportados pertenecientes a una terraza aluvial del río Chinchiná (Casas et al., 2000).

- Estudio realizado en los sectores de la Cumbre, el Peñón y el Sena de la ciudad de Manizales.

Para este último estudio se determinaron cinco capas, en el cual se encontraron cubiertas piroclásticas tipo cenizas compactas, capa piroclástica por ceniza meteorizada. Depósitos cuaternarios matriz-soportados y depósitos cuaternarios arcillosos saturados asociados al abanico de Maltería. Rocas metasedimentarias diaclasados y meteorizados fracturadas y poco profundas, del complejo Quebradagrande (Casas et al., 2000).

La quebrada Manizales está enmarcada dentro del estudio analizado en la Subzona Oriente, Sección Geoeléctrica (5), la cual tuvo los siguientes resultados:

Tabla 3. Intervalos de resistividades para las diferentes unidades litológicas en Manizales

Unidad	ρ (Ohm-m)	Espesores (m)	Litología
Coluviones	50	2,15	Gravas y cantos en matriz arenosa medianamente saturada
	111	6,15	Bloque, gravas y cantos en matriz arenosa medianamente saturada
Formación Casabianca	29,4	8,7	Sedimentos volcánicos de grano fino, ignimbritas, tobas y sedimentos volcánicos retrabajados de matriz arcillosa saturada
	50	51,1	Sedimentos volcanogenicos de grano grueso de matriz arcillosa medianamente saturada
Complejos Quebradagrande	27	Indeterminado	Basamento geoelectrico, (conglomerados con clastos de cuarcitas y arenitas feldespáticas con bajo grado de metamorfismo) de roca meteorizada, fracturada y saturada
	560		Basamento geoelectrico, (lodolitas y chert) correspondientes a roca fresca insaturada
Depósito del Valle la Enea	30	Indeterminado	Depósito de flujos de lodo saturados
	90		Depósito de flujos de escombros medianamente saturados
Terrazas del rio Chinchiná	60-82	Indeterminado	Gravas y cantos en matriz areno-arcillosa medianamente saturada

Fuente: (Casas et al., 2000).

Hidrogeología:

De acuerdo al análisis realizado por medio de la información recolectada, se puede decir que el acuífero relacionado a la quebrada Manizales, está construido por un acuífero libre y un acuitardo, determinados por las características encontradas en los SEV, estableciendo que la zona de interés se encuentran tipos de flujos con características de permeabilidad y alta porosidad, influenciada directamente por la actividad tectónica que afecta la zona.

El acuífero libre se encuentra cubierto por una capa de suelo compuesta por gravas, arena, sedimento volcánicos y en mayor proporción los depósitos del abanico de Maltería con un espesor promedio de 5 metros, este acuífero se encuentra ubicado principalmente en el sector de la Enea-Maltería.

El acuitardo se encuentra relacionado en su gran mayoría por el Complejo Quebradagrande en toda el área que subyace al acuífero. Encontrando en el dos captaciones importantes por dos empresas de la ciudad. El acuitardo en los estudios realizados muestra una profundidad aproximada de 80 metros y presentando porosidad secundaria, en la cual se encuentra agua a una profundidad no inferior a los 50 metros.

Se puede decir que el acuífero en general se encuentra ubicado dentro de la Formación Casabianca encontrándose en sentido Suroriente y Occidente de la ciudad de Manizales abarcando el área de estudio del acuífero analizado.

Balance hídrico:

En el balance hídrico se aplica el principio de la conservación de masa a una cierta región de volumen conocido, definida por unas condiciones de frontera durante un período de tiempo. La diferencia en las entradas y las salidas debe ser igual al cambio en el almacenamiento de agua, sus resultados pueden llegar a ser más confiables cuando se realiza el balance en suelos más desarrollados (Otalvaro & Vazques, 2004).

Hay diferentes expresiones para calcular la recarga a partir de un balance hídrico según el volumen de control escogido y según las subdivisiones que se hagan a las entradas, salidas o cambios en el almacenamiento. La expresión más sencilla puede ser:

$$R = P - Es - ET - DS^1$$

Siendo:

R = recarga

P = precipitación

Es = escorrentía

ET = evapotranspiración

DS = cambio en el almacenamiento

Teniendo en cuenta que el presente modelo se está construyendo a partir de información secundaria, en la literatura estudiada y analizada se estimaron algunos datos relevantes para la determinación del posible balance hídrico del acuífero asociado a la quebrada Manizales.

Por medio de información suministrada de la página del Instituto de Estudios Ambientales – IDEA, se pudo determinar la precipitación media mensual y anual con datos de los años 2010, 2011, 2012 y 2013, dando como resultados 1136 mm/año y 125.11 mm/mes.

La Evapotranspiración-ET se tomará del resultado hallado en el documento realizado por los estudiantes de la Universidad de Caldas en el año 2000 “Estudio Geoeléctrico de las Formaciones Superficiales de Manizales”, el cual analiza el balance hídrico de suelo medio multianual para 27 años (1971-1997); calculándose con la siguiente fórmula:

$$EOT = 1.22 * 10^n * (1 - 0.01HR) + 0.2T - 1.8^2$$

Siendo:

ETO= Evapotranspiración

$n = 7.45(T)/234.7 + T$

HR= Humedad Relativa

¹ Expresión matemática para la cuantificación de la Recarga (Casas et al., 2000)

² Expresión matemática para la cuantificación de la evapotranspiración (Casas et al., 2000)

T= Temperatura

El resultado obtenido se relaciona a la ETR (Evapotranspiración Real) dando un resultado de **817.30 mm/año**. De igual manera el estudio observó que la precipitación efectiva media anual, se convierte en corrientes superficiales presentando un valor positivo, por lo cual es un factor importante en la hidrología, dando como resultado **318.7 mm/año**, el cual podría tenerse en cuenta como el valor de la escorrentía superficial para Manizales (Casas et al., 2000).

$$P - ETR = 1136 \frac{mm}{año} - 817.3 \frac{mm}{año} = 318.7 \frac{mm}{año}^3$$

Por otro lado el balance hídrico se puede realizar con un dato más aproximado a la realidad actual de la zona de estudio, encontrado en el Plan de Acción Inmediato de la quebrada Manizales – PAI, el cual dice que la escorrentía de la microcuenca es aproximadamente de **769.3 – 865.8 mm/año** (CORPOCALDAS et al., 2012).

Recarga:

Según (Betancur, Mejía, & Palacio, Modelo hidrogeológico conceptual del Bajo Cauca antioqueño: un sistema acuífero tropical, 2009) La distribución espacial de las unidades hidrogeológicas, los atributos geomorfológicos del paisaje, la hidrografía, el tipo de cobertura, las características hidráulicas de los suelos y las condiciones hidrometeorológicas, son todos factores que condicionan la recarga de un sistema acuífero.

Para la zona de estudio se consideraron 2 zonas o tipos de recarga:

- La principal puede ser asociada a la extensión total del acuífero, por medio de la infiltración directa del agua lluvia, teniendo en cuenta que la zona

³ Determinación de la escorrentía superficial (Casas et al., 2000)

cuenta con las características de suelo apropiadas para que este fenómeno ocurra, siendo este determinado al estar compuesto por el Complejo Quebradagrande, el cual posee porosidad secundaria debido al alto diaclasamiento y fracturamiento, facilitando la circulación de agua. Los depósitos del Valle de la Enea están compuestos por flujos de lodos, flujos de escombros, flujos piroclásticos y niveles de turberas, teniendo como características hidrogeológicas la permeabilidad y alta porosidad (Casas et al., 2000).

- En segundo lugar la recarga puede estar relacionada a la interacción hidráulica de las fuentes superficiales de agua como la quebrada Manizales (con mayor relevancia), río Chinchiná y los cuerpos de agua secundarios asociados a los cuerpos de agua anteriormente nombrados.

Estimación de la recarga: Se infiere que presentan por medio de la precipitación, existiendo en el año dos picos de máxima precipitación para los meses de abril - mayo y octubre – noviembre.

Calidad del agua:

La calidad del agua se estimara a través de los datos suministrados por los análisis fisicoquímicos realizados en los expedientes de exploración de aguas subterráneas y en el documento “Determinación de la carga contaminante de origen industrial vertida sobre la quebrada Manizales” (Bastidas & Ramirez, 2007).

Al suponer que el acuífero presenta recarga concentrada o indirecta (producto de cauces permanentes, estacionales y efímeros) (Otalvaro et al., 2004), es decir, que se recarga por medio de la infiltración por parte del caudal base de las fuentes superficiales como el río Chinchiná y la quebrada Manizales. Ambos flujos de agua cuenta con una gran cantidad de vertimientos de aguas residuales.

A la quebrada son vertidas las aguas negras de los barrios San Marcel, el Pinar, Arboletes, Maltería, la Enea, la Alhambra, ubicados en la comuna tesorito, además aguas residuales de las industrias ubicadas en el sector de Juanchito: Progel, Industria Licorera de Caldas, Colombit y los vertimientos generados por explotaciones mineras (Bastidas et al., 2007). Lo cual puede ocasionar que el agua almacena en el acuífero presente una baja calidad.

En resumen el estado de la quebrada con respecto a la calidad del agua, determina que no es apta para consumo humano sin previo tratamiento, dando resultados por encima de los valores admisibles registrados en la Resolución 2115 de 2007.

Variables	M ₀	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅	M ₆
DBO ₅ (mg/L)	14	32	172	80	355	245	215
DQO (mg/L)	39	52	256	172	651	462	375
ST (mg/L)			925	311	714	523	604
SST (mg/L)			350	97	363	149	46
Grasas (mg/L)			151	149	101,3	31,7	72,1
Surf. (mg MBAS/L)			0,3	0,24	0,41	1,28	1,13
NTK (mg/L)			28,28	7,28	6,44	5,6	17,08
P total (mg/L)	0,22	0,42	0,12	0,2	2,35	1,22	0,93
pH	7,32	7,94	10,23	8,42	8,47	8,23	7,96
Conductividad (µS/cm)	48,56	150,43	144,44	249,54	219,69	277,89	366,88
OD (mg/L)	8,43	7,19	7,25	7,65	7,72	6,65	7,36
Colif. Tot (UFC/100 mL)	1000	8000	860000	420000	2300000	1700000	1800000
Colif. Fec (UFC/100 mL)	60	6000	6000	10000	10000	1100000	700000

Figura 24. Variables Físicoquímicas y Bacteriológicas de la Quebrada Manizales.

Fuente: (Bastidas et al., 2007).

Sin embargo la calidad del agua dentro del acuífero puede estar en mejores condiciones de calidad, esto se puede apreciar en el análisis físicoquímico realizado en el pozo de la empresa INVERMEC s.a., en el barrio Alta Suiza, el cual muestra unos resultados más favorables para la calidad del agua dando rangos más cercanos a los admisibles por la Resolución 2115 de 2007, indicando alta concentración hierro, causados por la meteorización de la roca volcánica presente

de la Formación Casabianca de origen volcánico con minerales ferro magnesianos.

Hidráulica:

La hidráulica del acuífero se define por los parámetros hidráulicos encontrados en los expedientes de exploración de agua subterránea de la empresa INVERMEC s.a. en el barrio Alta Suiza y SUPER de alimentos ubicada en el sector de Maltería.

Tabla 4. Resultados pruebas de bombeo SUPER e INVERMEC

	INVERMEC	SUPER
Nivel estático (m)	44,28	0
Nivel dinámico (m)	51,2	56,58
Abatimiento (m)	6,92	
Caudal (LPS)	4,51	6,28
Capacidad específica (LPS/m)	0,06	0,11

Fuente: Elaboración propia a partir de GEODEX

El nivel estático en la prueba de bombeo de la empresa SUPER de alimentos, determina que “El pozo es saltante, el agua sale del pozo sin bombeo con un caudal de 0.2 LPS”.

Teniendo en cuenta que el modelo hidrogeológico para la quebrada Manizales es de suma importancia en cuanto a planificación del recurso hídrico, a continuación se tiene 5 fases para la integración de esta metodología como instrumento clave para la sostenibilidad del agua subterránea dentro de la planificación.

3.3 CAPITULO III. FORMULACIÓN DE ESTRATEGIAS PARA LA ARTICULACIÓN DEL MODELO HIDROGEOLÓGICO A LOS INSTRUMENTOS DE PLANIFICACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO, QUEBRADA MANIZALES.

Para finalizar el documento, se presenta este capítulo dividido en dos partes, la primera es la descripción de la Quebrada Manizales donde se describe la problemática actual que pasa en la cuenca y segundo los parámetros sugeridos para la integración de la formulación de estrategias para la articulación del modelo hidrogeológico a los instrumentos de planificación del recurso hídrico.

3.3.1 Descripción de la Quebrada Manizales.

La Quebrada Manizales, cuenta con una longitud aproximada de 11.5 km, nace en el alto del Colmillo a 3520 m.s.n.m., desemboca en el río Chinchiná cerca al barrio Luisitania (Corpocaldas, FESCO, Alcaldía de Manizales, Aguas de Manizales, 2012).

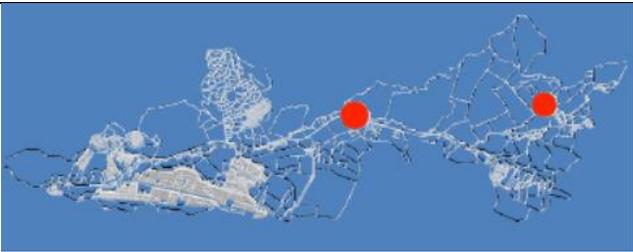
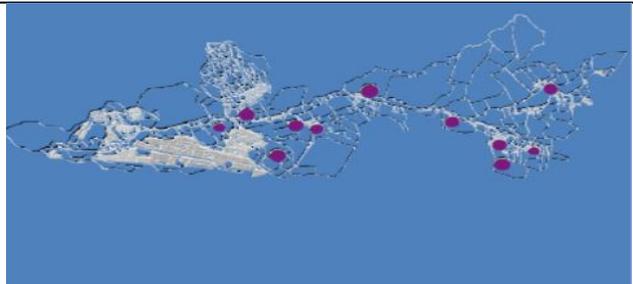
Esta quebrada ha sido muy importante para el desarrollo de Manizales, debido a la gran extensión de tierras destinadas al sector agropecuario y la zona industrial que se desarrolla en esa zona, el cual se encarga de dar provisión de empleo y desarrollar componentes históricos, sociales, ambientales entre otros, de la fuente hídrica y la ciudad como tal.

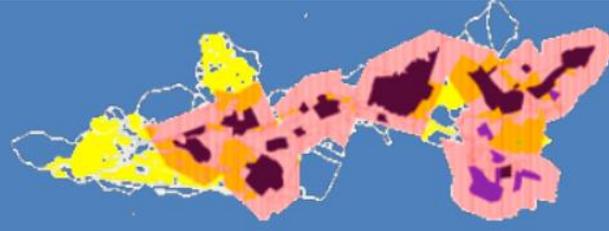
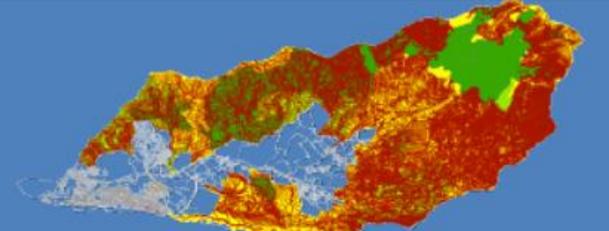
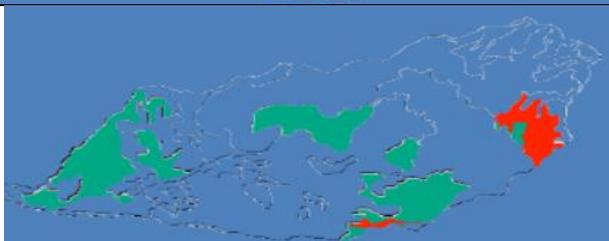
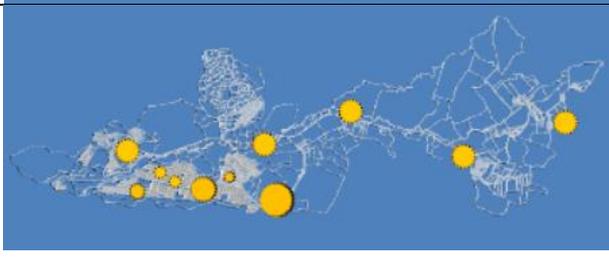
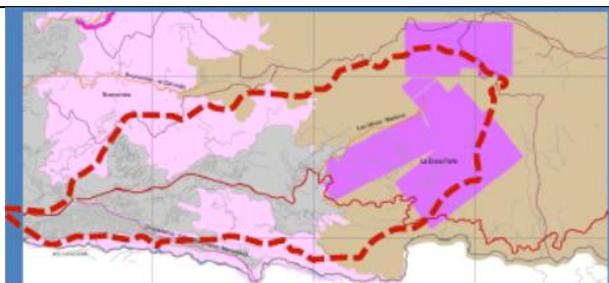
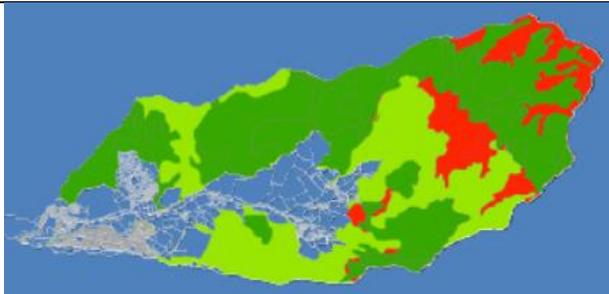
A pesar de esto, las actividades tanto urbanas como rurales que se han venido desarrollando han causado deterioramiento a la cuenca, actividades como asentamiento de origen informal, pérdida de cobertura vegetal en la parte alta, los malos manejos de descoles en la zona industrial, entre otros, esta situación ha generado fenómenos desastrosos, como, avenidas torrenciales, malos olores y algunas enfermedades desencadenadas al agua contaminada.

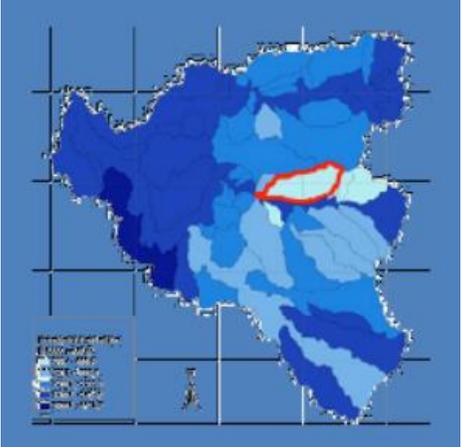
Para solventar los conflictos generados por esta quebrada se desarrolló el Plan de Acción Integral de la quebrada Manizales, el cual se encargó de identificar mecanismos de solución a la problemática que presenta la Quebrada Manizales, el estudio agrupo las situaciones identificadas en términos de calidad, cantidad y riesgo, ya que son elementos centrales de la Política Nacional de Gestión del Recurso Hídrico (Corpocaldas et al., 2012).

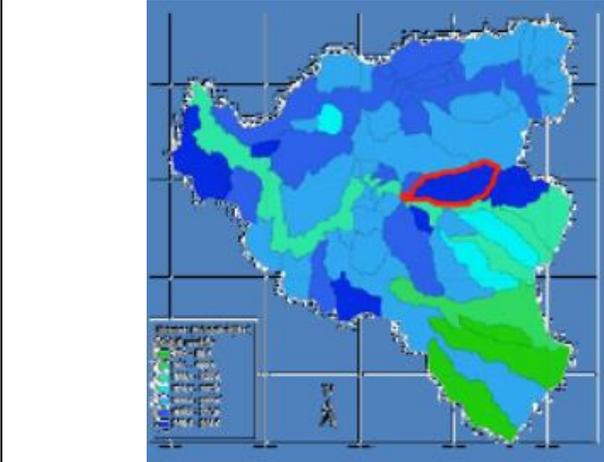
A continuación se presenta una tabla con la síntesis de situaciones identificadas en la Microcuenca Quebrada Manizales.

Tabla 5. Síntesis Situaciones Identificadas en la Microcuenca Quebrada Manizales

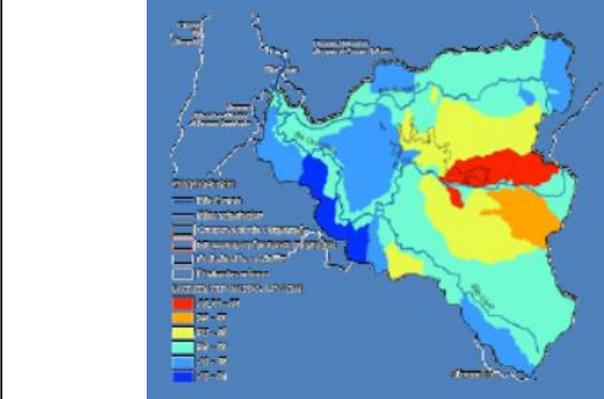
LOCALIZACIÓN	SITUACIÓN IDENTIFICADA
CALIDAD	
	<p>SERVICIOS PÚBLICOS: Ausencia de información suficiente que permita conocer las características de la prestación de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado en zona urbana y rural de la Micro cuenca. A la fecha solo se conoce los acueductos existentes y la forma como opera el Acueducto Maltería.</p> <p>SERVICIOS PÚBLICOS. Vertimientos domésticos directos en la Quebrada Manizales y en sus afluentes, principalmente en los Barrios de Maltería (42 viviendas) y Juanchito. Según estudios, el 87% de los descoles domésticos vierten agua sin tratamiento previo a la Q. Manizales y sus afluentes</p>
	<p>SERVICIOS PÚBLICOS. la calidad del agua en el sector presenta un aumento en los indicadores de contaminación tales como la DBO5 y SST, hasta alcanzar valores de 575 mg/l de DBO5 y 342 mg/l de SST y una disminución significativa del oxígeno disuelto alcanzando concentraciones de 1,3 mg/l de OD (18% del oxígeno disuelto de saturación). Problema de contaminación que está asociado principalmente con el aporte de aguas residuales industriales y residenciales en la Quebrada Manizales y sus afluentes. Según estudios, el 47% de los descoles industriales vierten agua sin tratamiento previo a la Q. Manizales y sus afluentes</p> <p>SERVICIOS PÚBLICOS. Inexistencia y/o falta de mantenimiento de sistemas de aguas residuales de viviendas o establecimientos que no están conectados a red alcantarillado (Sistemas sépticos).</p>

	<p>USO DEL SUELO. En la zona urbana de la Microcuenca predomina la Industria IE5, que es la que más impactos ambientales genera en el territorio (Según clasificación POT, Art. 137). En total son 52 empresas que equivalen al 51,4% de las industrias de la zona.</p>
	<p>USO DEL SUELO. La actividad productiva predominante es la ganadería, ocupando 1651,84 Has de suelo (Urbano y rural), que corresponde al 57,3% de la Microcuenca. Se desarrolla en suelos con pendientes medias a altas en grandes extensiones de terreno, que cuentan como única cobertura los pastos introducidos, lo cual ha generado deterioro y erosión en el territorio.</p>
	<p>USOS DE SUELO. 873.05 Hectáreas destinadas a la agricultura, de las cuales el 9,9% se encuentran en conflicto de uso por ser suelos que deberían estar dedicados a bosque protector, el restante 90,1% es agrícola y debería implementar sistemas agroforestales</p>
	<p>USOS DE SUELO. En la Microcuenca se encuentran establecimientos de servicios al vehículo que en muchos casos se desarrollan en conjunto con la vivienda y que utilizan a su vez el espacio público para desarrollar su actividad. Estas actividades generan vertimientos directos sin tratamiento al alcantarillado, principalmente en el barrio La Enea y a lo largo de la Vía al Magdalena.</p>
	<p>USOS DE SUELO. Se desconocen las características de la forma como se desarrolla la actividad minera en la Microcuenca, la localización precisa de las minas en el territorio y las líneas de extracción que tienen implementadas. Se hace necesario caracterizar esta actividad de cara a dimensionar el impacto que generan en la Microcuenca y en el recurso hídrico en particular.</p>
CANTIDAD	
	<p>USO DEL SUELO. Mala utilización de los suelos en labores de sobre pastoreo y expansión de la frontera ganadera en suelos que deben ser de protección según estudio semi-detallado de suelos (1651,84 Hectáreas de la Microcuenca destinadas a la ganadería extensiva, de las cuales el 22% se encuentra en conflicto de uso)</p>

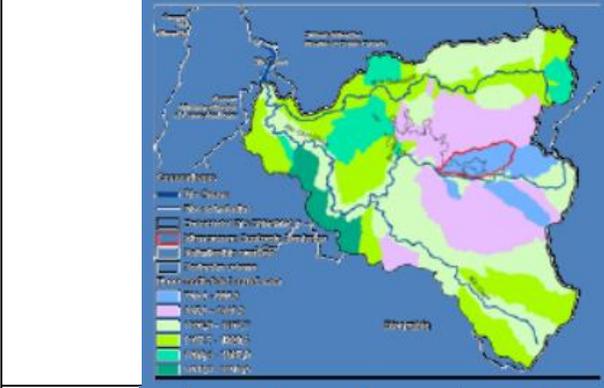
	<p>ESTRUCTURA ECOLÓGICA. No se preserva la cobertura forestal protectora de las fajas de protección hídrica y ambiental en la mayoría de las corrientes de la Microcuenca</p>
	<p>USOS DE SUELO. Se desarrollan usos prohibidos dentro de las fajas de protección, tanto asentamientos ilegales como ocupación con actividades productivas</p>
	<p>ESTRUCTURA ECOLÓGICA. La pérdida de flora es crítica como consecuencia de actividades antrópicas ya que la vegetación es un factor importante en el manejo de las cuencas y el almacenamiento de agua, puesto que sirve como control de la cantidad absorbida, evotranspirada, evaporada y control de los suelos erosionables</p>
	<p>ESTRUCTURA ECOLÓGICA. Índice de conectividad entre ecosistemas inferior a uno (0,89), lo que indica que no hay unión entre los diferentes nodos. El índice de Circuicidad es muy bajo (0,82), lo cual se traduce en la inexistencia de diversidad de rutas para el desplazamiento de los organismos.</p>
	<p>HIDROLOGÍA. Bajo Exceso de Agua, Según balance hidrológico que muestra donde la precipitación es superior a la evapotranspiración</p>



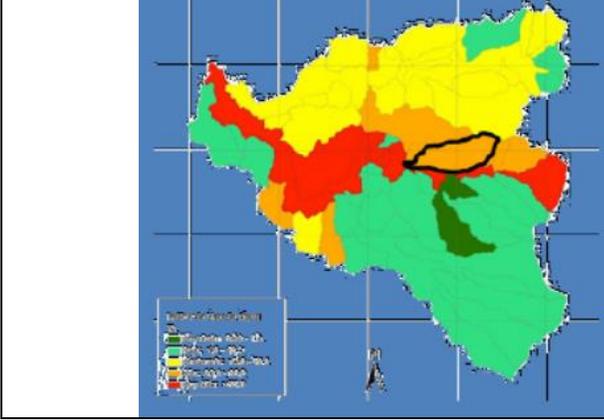
HIDROLOGÍA. Alto déficit promedio de agua, según balance hidroclimático



HIDROLOGÍA. Muy Bajo Rendimiento Hídrico, En la microcuenca de la Quebrada Manizales se presenta el más bajo rendimiento de todas las Microcuencas que conforman la Cuenca del Río Chinchiná



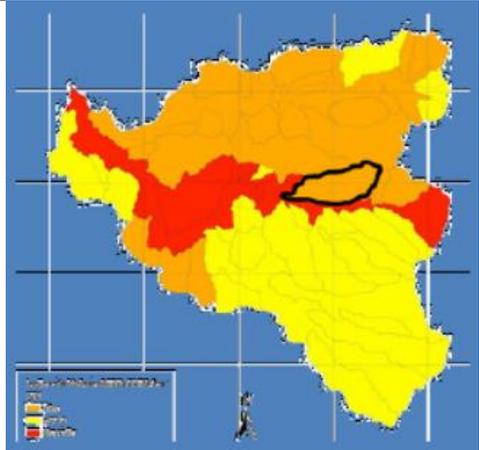
HIDROLOGÍA. Muy Baja Escorrentía respecto a las escorrentía que presentan las demás Microcuencas de la cuenca Chinchiná



HIDROLOGÍA. Índice de Uso del Agua, Cantidad de agua utilizada por los diferentes sectores usuarios en un periodo determinado y una unidad de análisis en relación con la oferta hídrica superficial disponible. El índice del uso del agua calculado para la Microcuenca de la Quebrada Manizales por el IDEA considerando el análisis de concesiones, la cual presenta índice de uso del agua alto (entre 20 – 50 %)

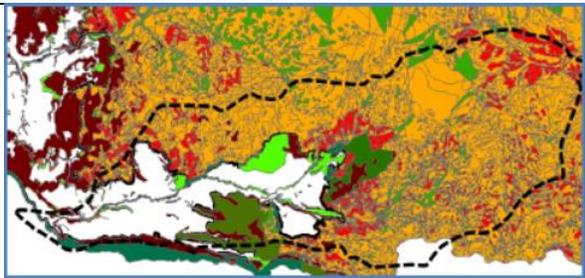


HIDROLOGÍA. Índice de retención y regulación hídrica (IRH): Mide la capacidad de la cuenca para mantener un régimen de caudales. Para la Cuenca del Río Chinchiná, en promedio es de 0.56, que se categoriza como bajo. La Microcuenca de la Quebrada Manizales presenta este mismo índice; es decir que presenta una baja retención y regulación de humedad



HIDROLOGÍA. Índice de vulnerabilidad hídrica por desabastecimiento. Representa el grado de fragilidad del sistema hídrico para mantener una oferta para el abastecimiento de agua (ENA, 2010). Se determina a través de la matriz de relación entre el Índice de retención y regulación hídrica y el índice de uso del agua. Para la Microcuenca de la Quebrada Manizales este índice es Alto

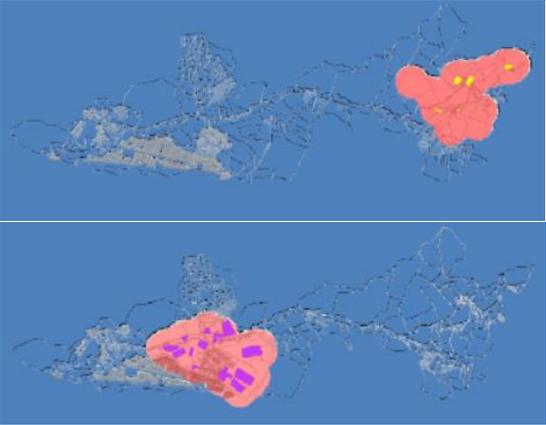
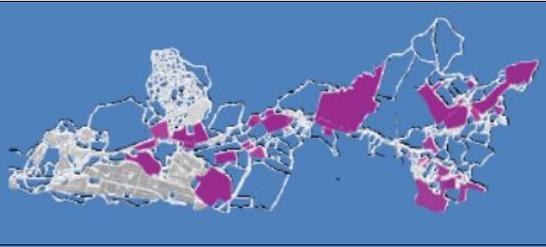
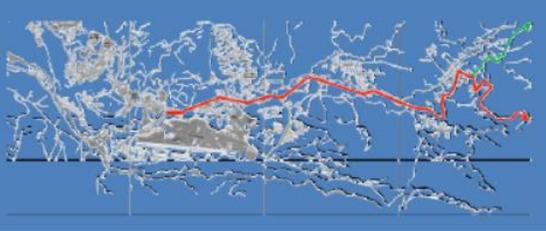
RIESGO

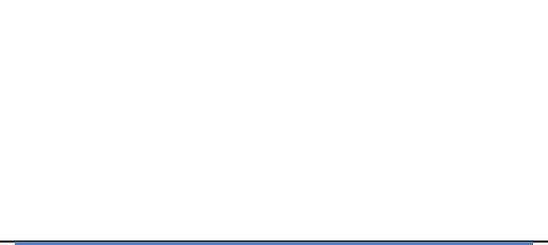


SUELO. La cuenca de la Quebrada Manizales se encuentra asentada sobre suelos con condiciones geológicas especiales como son: alta sismicidad, presencia generalizada de fallas geológicas activas, cenizas volcánicas y suelos no consolidados sobre una topografía con altas pendientes.

CLIMA. Los regímenes climáticos cada vez más extremos que la cuenca debe soportar debido a los desequilibrios de los fenómenos y eventos meteorológicos, pueden causar deslizamientos.

FACTORES DETONANTES DE AMENAZA Y RIESGO. Algunos procesos antrópicos, las fugas de agua de las redes de acueductos, las excavaciones o cortes que modifican la topografía original del terreno, la irrigación que facilita la infiltración y los cambios de humedad y presión de poros, el mantenimiento inadecuado de sistemas de drenaje y subdrenaje, la deforestación que produce cambios hidrológicos y afecta la resistencia del suelo al eliminar el refuerzo de las raíces, las vibraciones artificiales, tránsito de vehículos, vibraciones de maquinaria, detonaciones de explosivos, etc.; generan en conjunto fuerzas dinámicas y deterioro de la estructura de los materiales que son factores

	<p>detonantes para que se produzcan movimientos en masa y procesos erosivos.</p>
	<p>FACTORES DETONANTES DE AMENAZA Y RIESGO. La deforestación e intervención de los recursos forestales de manera inadecuada en cauces y laderas, en especial la mala utilización de los suelos en labores de sobrepastoreo y otros usos tales como procesos de expansión de terreno puede causar deslizamientos y traer consigo avalanchas desde la parte alta de la montaña.</p>
	<p>VIVIENDAS EN RIESGO. Presencia de construcciones y ocupación al interior de las fajas de protección de corrientes hídricas que están en riesgo por inundación. Dentro de estas construcciones existen 65 viviendas que albergan 88 familias en los barrios de Maltería y Juanchito.</p>
<p>SOSTENIBILIDAD</p>	
	<p>USOS DE SUELO. Conflicto de usos entre industria y vivienda por incumplimiento de las franjas de aislamiento de la industria mediana, pesada y especial, definidas en el Art. 137 Acuerdo 663 de 2007 (POT Manizales). Dualidad normativa sobre el aislamiento de la industria respecto a la vivienda, ya que la norma contenida en las Áreas Morfológicas Homogéneas, hacen referencia a aislamientos diferenciales y el artículo 137 del Acuerdo 663 de 2007, habla de retiros específicos de la vivienda por tipo de industria (100 mts para industria IM-3 y 200 mts para IP-4 e IE-5)</p>
	<p>USOS DE SUELO. Implantación de industrias bajo el esquema "Predio a Predio", situación que conduce a que cada industria por separado deba asumir las cargas urbanísticas y ambientales para mitigar los impactos que la actividad genera en la ciudad y en el ambiente</p>
	<p>VÍAS Y TRANSPORTE. Problemas asociados a la movilidad rural dada la dificultad de accesibilidad y carencia de medios de transporte entre la zona rural y la zona urbana, ya que es en esta última donde se concentran los servicios y equipamientos básicos que sirven a esta población.</p>

	<p>VÍAS Y TRANSPORTE. Problemas asociados a la movilidad urbana, Insuficiencia de vías vehiculares, falta de continuidad y conectividad en la malla vial en los sectores Maltería y Juanchito (Solo existen vías de acceso a las industrias que las conectan con la vía la Magdalena), Escasez de vías peatonales (andenes) para el desplazamiento de la población en el sector industrial.</p>
	<p>VÍAS Y TRANSPORTE. Actualmente se adelanta el proceso de ampliación de la vía al Magdalena (Vía Nacional) que atraviesa el territorio de la Microcuenca, donde se hace necesario aplicar las fajas de reserva vial establecidas en el decreto 2976 de 2010, con lo cual se presentan predios y edificaciones afectadas.</p>
	<p>VIVIENDA. Déficit cuantitativo de vivienda urbana de 433 unidades (incluyendo proyección de hogares a 2030), con dificultades para cubrir el que corresponde a VIS y VIP, porque los suelos disponibles se localizan en sectores de estratos altos y los que están en la Enea y Caserío de la Enea, están afectados por la franja de aislamiento de las industrias.</p>
	<p>ESPACIO PÚBLICO. Déficit cuantitativo de espacio público que va desde 12,52 M2/habitante en San Marcel y Juanchito, hasta 5,3 M2/habitante en Lusitania y Cerros de la Alhambra. Déficit cualitativo de espacio público, principalmente en los parques de tipo recreativo por el mal estado de sus infraestructuras</p>

Fuente: (CORPOCALDAS, 2016)

Como se puede apreciar en la tabla anterior, las situaciones identificadas que tienen mayor problemática para agregar a la planificación territorial por medio de un modelo hidrogeológico son: Uso del suelo, servicios públicos, hidrología y estructura ecológica.

A continuación, se presentan 5 fases propuestas para realizar una articulación del modelo hidrogeológico a instrumentos de planificación del recurso hídrico en la quebrada Manizales.

3.3.2 Lineamientos para la formulación de estrategias para la articulación del modelo hidrogeológico a instrumentos de planificación del recurso hídrico en la quebrada Manizales.

Para lograr plantear los lineamientos para la articulación de un modelo hidrogeológico a instrumentos de planificación del recurso hídrico en la quebrada Manizales se plantean 5 fases según el documento “Guía metodológica para la formulación de planes de manejo ambiental de acuíferos” escrita por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en el año 2014.

Inicialmente se describe el Decreto 1640 de 2012 (actualmente compilado en el Decreto Único Reglamentario Compilatorio 1076 de 2015), donde se realiza la reglamentación total sobre la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos en donde se establecen los siguientes instrumentos (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014).

- Planes estratégicas en los cinco macro-cuencas o áreas hidrográficas (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014).
- Programa nacional de monitoreo del recurso hídrico en las zonas hidrográficas (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014).
- Los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas (POMCA) en sub-zonas hidrográficas o de nivel subsiguiente (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014).
- Los planes de manejo ambiental de micro-cuencas en el nivel inferior al subsiguiente (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014).
- Los planes de manejo ambiental de micro-cuencas en el nivel inferior al subsiguiente (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014).
- Los planes de manejo ambiental de acuíferos (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014).

En la siguiente tabla se muestran los instrumentos de planificación de recursos hídricos, el nivel, la escala de trabajo, el instrumento de planificación, objeto, los participantes y las instancias de coordinación (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014).

Tabla 6. Instrumentos de planificación de recursos hídricos

	NIVEL	ESCALA	INSTRUMENTO PLANIFICACIÓN	OBJETO	PARTICIPANTES	INSTANCIA DE COORDINACIÓN
1	Macrocuenca	1:500.000	Planes estratégicos	Establecer lineamientos concertados de planificación a nivel de macrocuenca	Ministerio, Institutos de Investigación, Autoridades Competentes, Gobernaciones, gremios y organizaciones no gubernamentales (ONG) nacionales.	Consejo Ambiental Regional de la macrocuenca
2	Zona Hidrográfica	1:100.000	Programa Nacional de Monitoreo	Red Nacional de Monitoreo del Recurso Hídrico (cantidad y calidad)	MADS, Institutos de Investigación, ACC	IDEAM, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andrés"- INVEMAR en coordinación con las Autoridades Ambientales Competentes – AAC
3	Subzona o Subsiguiente	1:25.000	Planes de ordenación y manejo de cuencas POMCA	Ordenación y manejo del recurso hídrico y de los recursos naturales que hay en la cuenca objeto de Plan	MADS, ACC, gobernaciones, alcaldías, gremios y ONG regionales	Consejo de Cuenca y Comisión Conjunta
4	Acuíferos	1:25.000	Plan de manejo ambiental	Medidas de manejo y protección ambiental de los acuíferos priorizados	ACC, Alcaldías, gremios, asociaciones de usuarios locales	Mesa de trabajo

	Microcuencas	1:10.000	Planes de manejo ambiental	Medidas de manejo y protección de las microcuencas prioritarias	ACC, Alcaldías, gremios, asociaciones de usuarios locales	Mesa de trabajo
--	--------------	----------	----------------------------	---	---	-----------------

Fuente: (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014)

Como se puede observar en la tabla anterior, existen diferentes tipos de instrumentos de planificación hídrica, los cuales marcan las estrategias de conservación para estos, y todos van encaminados a un mismo objetivo, sin embargo, no se encuentra relevancia en la inclusión del modelo hidrogeológico, el cual es clave para la definición de estrategias en el momento de plantear proyectos de conservación, también se puede observar que existe diferente competencias institucionales que manejan estos temas. A continuación se realiza una breve descripción de estas:

🚦 Competencias institucionales para la articulación.

Estas instituciones son las encargadas de implementar las acciones necesarias para implementar la Política Nacional del Recurso Hídrico en cuanto a las aguas subterráneas.

- **Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible:**

Es el órgano encargado de la gestión del medio ambiente y los recursos naturales, se encarga de la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento de los recursos naturales renovables y el medio ambiente de la Nación, con el fin de asegurar el desarrollo sostenible (Ley 99 de 1993, artículo 2) (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014).

- **Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM:**

Este, es un establecimiento público de carácter nacional adscrito al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, el cual se encarga del levantamiento y manejo de la información científica y técnica sobre todos los ecosistemas que forman parte del territorio nacional (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014).

- **Servicio Geológico Colombiano –SGC**

Se encuentra adscrito al Ministerio de Minas y Energía, que hace parte del sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación – SNCTI; tiene como función, hacer investigación científica básica y aplicada del potencial de recursos del subsuelo, adelantar el seguimiento y monitoreo de amenazas de origen geológico, administrar la información del subsuelo, garantizar la gestión segura de los materiales nucleares y radiactivos en el país, coordinar proyectos de investigación nuclear y el manejo y la utilización del reactor nuclear de la Nación (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014).

- **Corporaciones Autónomas Regionales**

Estas son la máxima autoridad en el área de su jurisdicción y tienen como función, la ejecución de políticas, planes, programas y proyectos sobre medio ambiente y recursos naturales renovables, así como dar cumplida y oportuna aplicación a las disposiciones legales vigentes sobre su disposición, administración, manejo y aprovechamiento (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014).

- **Entidades territoriales**

Departamentos, municipios y territorios indígenas, tienen a su cargo según Ley 99 de 1993, artículos 64, 65 y 67; Ley 715 de 2001 funciones de promoción y ejecución de programas y políticas ambientales, la expedición de disposiciones necesarias para el control, la preservación y la defensa del patrimonio ecológico de sus territorios, la dirección y coordinación de las actividades de control y vigilancia ambientales, y la promoción, cofinanciación y ejecución de obras y proyectos relacionados con el adecuado manejo y aprovechamiento de las cuencas hidrográficas (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014).

- **Autoridades Sanitarias y Prestadoras del Servicio de Acueducto**

Según el artículo 5 del Decreto 1575 de 2007, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible deben cumplir los siguientes cargos:

- Reglamentar todos los aspectos concernientes a la definición de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua para el consumo humano (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014).
- Diseñar los modelos conceptuales, técnicos y operativos y de protocolos que sean requeridos para el control y vigilancia para garantizar la calidad del agua para consumo humano (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014).
- Diseñar la guía de criterios y actividades mínimas que deben contener los estudios de riesgo, programas de reducción de riesgos y los planes de contingencia (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014).

- **Plan de manejo ambiental de acuíferos**

El plan de manejo ambiental de acuíferos es un instrumento de planificación y administración del agua subterránea, mediante el cual se realiza la ejecución de proyectos y actividades de conservación, protección y uso sostenible del recurso (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014).

Según el Decreto 1640 de 2012 (ahora compilado en el Decreto Único reglamentario 1076 de 2015) en el artículo 62 dice que *“en aquellos acuíferos que no haga 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 de mismo, cuando se prevean como mínimo una de las siguientes condiciones, en relación con oferta, calidad hídrica, riesgo y gobernabilidad”*:

- 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 de Decreto 1541 de 1978 (actualmente compilado en el Decreto Único Reglamentario Compilatorio 1076 de 2015) o la norma que los modifique o sustituye.
- Cuando el agua subterránea sea la única y/o principal fuente de abastecimiento para consumo humano.
- Cuando por sus características hidrogeológicas el acuífero sea estratégico para el desarrollo socio-económico de una región.
- Existencia de conflictos por el uso del agua subterránea.

- Cuando se requiere que el acuífero sea la fuente alterna por desabastecimiento de agua superficial, debido a riesgos antrópicos o naturales. ”

Anexo a esto en el Decreto 1640 de 2012 en su artículo 61 define que es responsabilidad de las Autoridades Ambientales competentes, formular los respectivos planes de manejo ambiental de acuíferos priorizados en su jurisdicción (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014).

A continuación se enumera y describe una propuesta metodológica para la inclusión del modelo hidrogeológico a la planificación.

- **Metodología para la integración del modelo hidrogeológico a instrumentos de planificación del recurso hídrico en la quebrada Manizales**

Inicialmente, se van a nombrar las cinco fases propuestas para la integración de este nuevo capítulo a la planificación.

- **Aprestamiento:** En esta fase, se conforma el equipo técnico necesario para realizar y acompañar la formulación e implementación del plan, en esta fase se define: el plan de trabajo, la estrategia de socialización y participación y, la logística requerida (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014).
- **Diagnóstico:** Aquí se elabora o se actualiza la línea base de oferta y demanda de agua subterránea que se tiene en el sitio a estudiar, se identifican conflictos y problemáticas, se analiza la vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación y se realiza la identificación y análisis de riesgos de las fuentes potenciales de contaminación, y otros aspectos más (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014).

- **Formulación:** En esta fase se definen claramente las medidas que se van a implementar y los proyectos y actividades a ejecutar, con el objeto de solucionar la problemática identificada en el diagnóstico, se establece un cronograma de ejecución, todos los costos y los respectivos responsables (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014).
- **Ejecución:** Se llevan a cabo las medidas, los proyectos y actividades que se establecieron en la fase de formulación (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014).
- **Seguimiento y evaluación:** En esta fase se realiza el seguimiento y la evaluación del plan realizado, según las metas e indicadores planteados, con el objeto de reajustar metas y/o presupuestos y/o responsables (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014).

A continuación se presenta un gráfico de los cinco fases planteadas en el cual se evalúa con un poco más de profundidad.

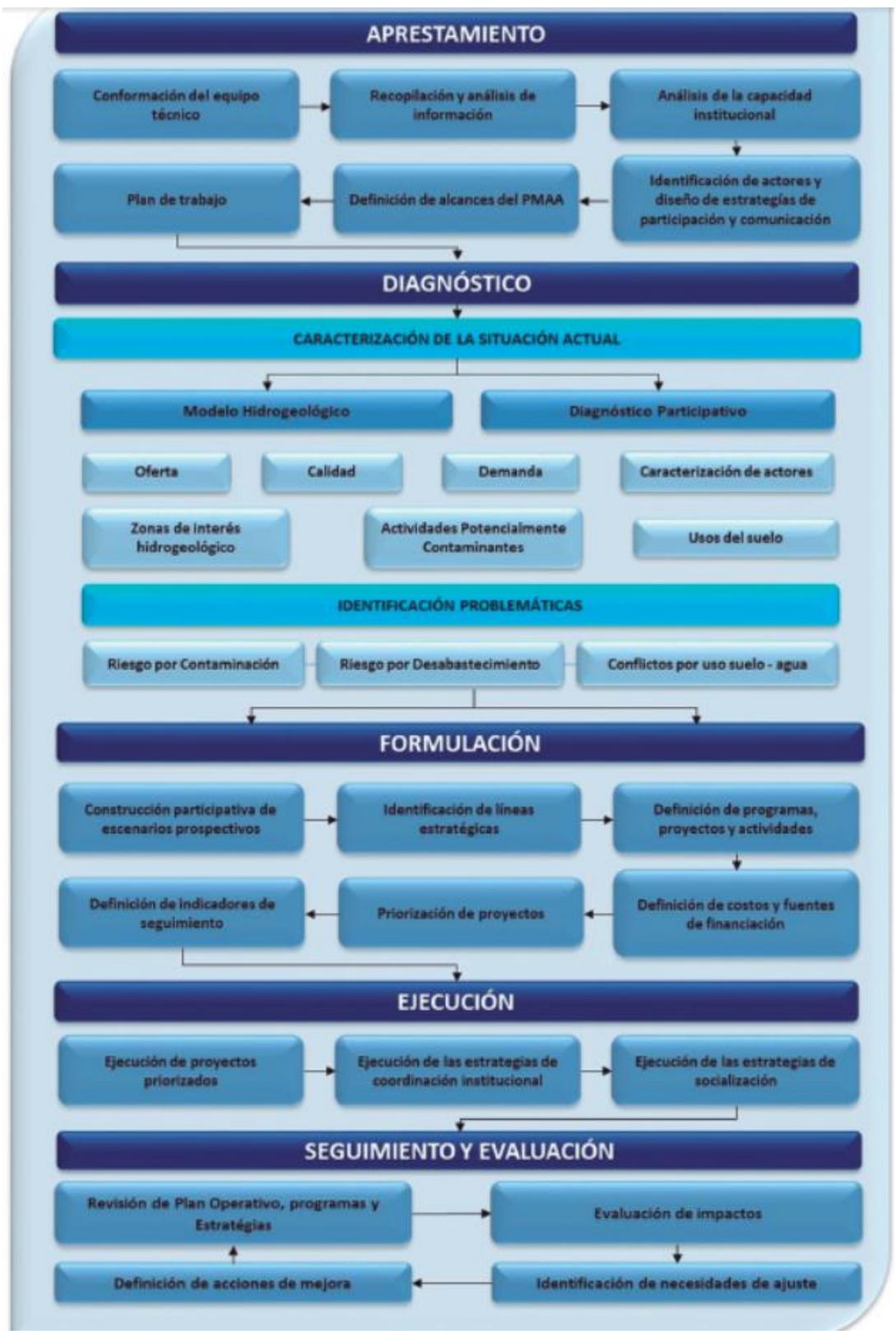


Figura 25. Fases de los planes de manejo ambiental en acuíferos.

Fuente (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014)

la integración del modelo hidrogeológico a la quebrada Manizales se puede aplicar por medio de la siguiente tabla donde muestra líneas estratégicas las cuales pueden ser consideradas para la formulación de los planes del recurso hídrico, se busca las problemáticas identificadas relacionadas con el conocimiento, la preservación, conservación y uso sostenible del recurso hídrico subterráneo,

Tabla 7. Ejemplos de líneas estratégicas a considerar en la formulación de proyecto

LÍNEA ESTRATÉGICA	EJEMPLOS DE PROGRAMAS, PROYECTOS, ACTIVIDADES	DESCRIPCIÓN
Generación de conocimiento e información para la gestión integral del recurso hídrico subterráneo	Implementación de modelos numéricos para la gestión	Los modelos se utilizan para estudiar la relación entre las aguas superficiales y las subterráneas, simular el comportamiento del acuífero ante eventos climáticos extremos, realizar análisis de transporte de contaminantes, para el diseño de políticas de operación de campos de pozos, la evaluación impactos sobre el acuífero, entre otras. Los modelos numéricos son útiles también para organizar la información disponible, detectar errores en los datos de campo y en los protocolos de monitoreo, para identificar zonas con escasez de información o necesidades especiales de ella, y para refinar el modelo conceptual previamente establecido.
Gestión de la oferta hídrica subterránea	Implementación de redes de monitoreo de niveles	Se utilizan para proveer datos representativos sobre el estado natural y las tendencias del acuífero, con fines de planeación, manejo y toma de decisiones sobre la protección y conservación de las aguas subterráneas.
	Delimitación de zonas de recarga	La calidad y la cantidad de agua subterránea, están estrechamente relacionadas con el uso del suelo que se da en las zonas de recarga, si se tienen identificadas y delimitadas estas zonas se pueden tomar medidas que permitan la sostenibilidad del

		sistema acuífero, además de impedir efectos negativos sobre éste. Las medidas de protección que se propongan y adopten deben hacer parte de la zonificación ambiental del POMCA, cuando aplique, y por tanto deben considerarse en la clasificación de los suelos en el POT.
	Evaluación de los efectos del cambio climático sobre las aguas subterráneas	Es necesario tener conocimiento de los posibles efectos del cambio climático sobre el sistema acuífero para estar preparados ante cualquier eventualidad y tomar medidas desde ahora.
Caracterización de la demanda	Ejecución o actualización de inventarios de puntos de agua subterránea con empleo del formulario único nacional de inventario de aguas subterráneas.	Estos inventarios o el registro de usuarios permitirán establecer la demanda para los diferentes usos y proyectar las tendencias de uso y evaluar su sostenibilidad.
	Implementación de Registro de Usuarios del Recurso Hídrico Subterráneo (RURH).	
	Establecimiento de programas de uso eficiente y ahorro del agua.	Son utilizados para promover el uso sostenible del recurso mediante la implementación de tecnologías apropiadas y programas de educación ambiental.
	Programas de legalización de usuarios del recurso hídrico subterráneo	Permiten conocer la cantidad de usuarios y establecer medidas para el control del uso del agua por parte de los usuarios.
Reducción de la contaminación del recurso hídrico subterráneo	Redes de monitoreo de calidad	Se utilizan para proveer datos sobre el estado de la calidad del recurso hídrico subterráneo con fines de planeación, manejo y toma de decisiones sobre la protección y conservación de las aguas subterráneas.
	Medidas de manejo en zonas identificadas como de alta vulnerabilidad	Establecen restricciones o condicionamientos en las zonas más susceptibles de contaminación.
	Control y seguimiento de los permisos de vertimiento y planes de cumplimiento.	Los permisos de vertimiento y los planes de cumplimiento son instrumentos que permiten el control de los vertimientos puntuales y difusos a las corrientes y al suelo,

		realizados por diferentes actividades socioeconómicas como son: las ventas de gasolina, los cementerios, la minería de carbón y los talleres automotrices. Este instrumento está reglamentado por el Decreto 3930 de 2010.
Fortalecimiento institucional y gobernanza	Conformación de un grupo de trabajo para gestión del de recurso hídrico	Para la formulación e implementación del PMAA es necesario que la Autoridad Ambiental cuente con personal calificado.
	Capacitación del personal	Permite contar con personal capacitado y conocedor de las nuevas metodologías y tecnologías en hidrogeología y mejorar el conocimiento de los acuíferos y de los procesos y procedimientos de las autoridades ambientales.
	Educación Ambiental	Es necesario establecer programas de educación que permitan mejorar actitudes de la población ante el recurso hídrico subterráneo y su conservación.
	Adquisición de equipos y software	Es necesario que la Autoridad Ambiental cuente con el equipo básico de campo para labores de reconocimiento y del monitoreo del recurso hídrico, así como de los programas de computador especializados para la interpretación de los datos adquiridos.

Fuente: (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014)

En la tabla anterior, se describen algunos ejemplos de líneas estratégicas a considerar en la formulación de un proyecto, dentro del cual en primera instancia describen la utilización de modelos numéricos; sin embargo, no existe la integración de un modelo hidrogeológico. Cabe aclarar que la integración de un modelo hidrogeológico es de suma importancia debido a la serie de hipótesis que reducen el problema y dominio real del acuífero a una versión simplificada de la realidad, estos modelos hidrogeológicos, permiten tener en cuenta aspectos geológicos, hidrológicos, hidrogeológicos y climáticos. Un buen modelo hidrogeológico conceptual permite abordar más fácilmente el manejo óptimo del

acuífero, su relación con otros acuíferos y las aguas superficiales, la identificación de las zonas de recarga, tránsito y descarga y en general, para establecer programas que potencien la sostenibilidad del agua subterránea para diferentes usos y proyectos de obras de infraestructura, minería, etc. (Ministerio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

4. DISCUSIÓN

A partir del 2010, por medio de la formulación de la Política Nacional de la Gestión Integral del Recurso Hídrico, se evidenciaron escasos conocimientos y baja preparación técnica y profesional en torno a aguas subterráneas en el país, así como el bajo nivel de administración y planificación de dicho recurso hídrico; lo cual, alteró la preocupación por los escenarios de degradación y contaminación de los principales cuerpos de agua del país provocadas por la urbanización, industria y agricultura. Debido a esto, las aguas subterráneas adquieren gran importancia como patrimonio natural.

La quebrada Manizales cuenta con un acuífero, el cual se encarga de dar agua casi potable a tres grandes industrias de la ciudad; sin embargo, debido a lo que se nombra en el párrafo anterior, la poca importancia que se le ha dado, se han visto afectados por la contaminación directa de la ciudad. En esta revisión de tema, se plantea la propuesta para la construcción de un modelo hidrogeológico como instrumento en la planificación de recurso hídrico, para el uso sostenible de este acuífero que actualmente cuenta con pocas investigaciones.

El departamento de Caldas, cuenta con pocos profesionales que manejen el tema, sin embargo la importancia de un modelo hidrogeológico es fundamental para la planificación del recurso hídrico. Se recomienda la integración del modelo hidrogeológico a la planificación hídrica y ordenamiento territorial del municipio, debido que en este último se establecen los usos del suelo; y en este punto, existen temas que involucran directamente el recurso hídrico del territorio y el uso que se le está dando a este en la ciudad. El mal uso del recurso hídrico puede generar contaminación y en el peor de los casos, la sequía total del acuífero.

Los resultados preliminares obtenidos en la construcción preliminar del Modelo Hidrogeológico Conceptual para la quebrada Manizales muestran que el acuífero está compuesto por un acuífero libre y un acuitardo, en los cuales la recarga se

puede dar principalmente en los meses de alta precipitación, en los lugares fracturados de los complejos que conforman el acuífero. La calidad del agua se pudo determinar cómo apta para consumo de las industrias que actualmente operan allí, pese a que el lugar de estudio se encuentra expuesto a erupciones volcánicas, por lo que los suelos están compuestos por depósitos volcánicos, lo que puede generar un alto grado de concentración de minerales ferro-magnésicos en el agua. Estos minerales pueden afectar los procesos industriales en los cuales intervengan calderas o usos similares, esto no implica que el agua no se pueda usar para procesos industriales, pues la mayoría de parámetros encontrados dan como beneficioso el uso de la misma. Es entonces, que se puede determinar que con los datos analizados el acuífero se encuentra en buenas condiciones. Se recomienda a las autoridades pertinentes realizar estudios más profundos del tema, para darle un mejor uso y en caso de que su explotación aumente no se vea afectado por desabastecimiento.

5. CONCLUSIONES

- Los acuíferos, son ecosistemas que suplen necesidades tanto antrópicas como naturales y se encargan de mantener un equilibrio constante. Actualmente el acuífero que se encuentra en la quebrada Manizales está expuesto a altas contaminaciones ya que la zona industrial no cuenta con un manejo apropiado de vertimientos, este acuífero surte directamente de agua casi potable a industrias como INVERMEC, SUPER DE ALIMENTOS Y COLOMBIT.
- Las recargas se encuentran relacionadas con los meses de mayor precipitación, según la zona y la época de lluvia. Anexo a esto existen dos tipos de recarga, la primera es por medio de la infiltración del agua lluvia y la segunda se da por medio del cauce de las fuentes principales de hidrología.
- El acuífero que se encuentra en la quebrada Manizales, se recarga por medio de la infiltración del caudal base de las fuentes superficiales del río Chinchiná y la quebrada Manizales, actualmente este último cuenta con una gran cantidad de vertimientos de aguas residuales provenientes de la zona industrial.
- El acuífero que se encuentra en Materia, zona industrial de Manizales, hidráulicamente no necesita bombas porque con un simple cambio de presión sale el agua a la superficie, mientras que el acuífero que se encuentra en INVERMEC (Incolma) zona urbana de la ciudad, es acuitado y se necesitan bombas para obtener el recurso hídrico.
- El escenario que se encuentra expuesto como normal, permite hacer comparaciones del cambio en los niveles piezométricos y en la

variación de los regímenes de explotación, lo cual se convierte en una herramienta para la planificación territorial y el manejo del recurso hídrico subterráneo. Se concluye que en la actualidad, la planificación sobre este recurso, no está incluida dentro de los planes de ordenamiento territorial de los municipios que son nombrados en la revisión de tema.

- La quebrada Manizales ya cuenta con un PAI, sin embargo, a pesar del diagnóstico que tienen sobre esta y toda la problemática que se puede desarrollar a partir de la contaminación en esta fuente, no se está tomando como prioridad y hacen falta más investigaciones a fondo para solucionar la problemática. Por tal razón, se recomienda realizar estudios especializados que permitan el desarrollo de un modelo hidrogeológico, el cual se incluya a la planificación municipal y así se pueda gestionar la sostenibilidad de esa fuente hídrica, la cual es pieza fundamental para el desarrollo de la región.
- El modelo hidrogeológico para el Bajo Cauca antioqueño actualmente es el modelo más completo existente en el país, sin embargo, se recomienda en base a este continuar con estudios más especializados, para lograr una comprensión total que permita intervenir sobre criterios de sostenibilidad ambiental.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acuerala. (2012). Visto el 13 de octubre de 2016. Obtenido de Acuarela del mundo : <https://acuareladelmundo.com/2012/03/31/bajo-cauca-antioqueño/>

Bastidas, J. C., & Ramirez, L. C. (2007). *Determinación de la carga contaminante de origen industrial vertida sobre la quebrada manizales* . Manizales : Universidad Nacional - Manizales .

Betancur, T., & Palacio, C. (2009). La modelación numérica como herramienta para la exploración hidrogeológica y construcción de modelos conceptuales (Caso de aplicación: Bajo Cauca Antioqueño). *Dyna*, 39-49.

Betancur, T., Mejía, O., & Palacio, C. (2009). Modelo hidrogeológico conceptual del Bajo Cauca antioqueño: un sistema acuífero tropical. *Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia*, 107-118.

Carmona, J. A. (2011). *Determinación de los conceptos técnico operativos para el Plan de Manejo de Aguas Subterráneas de la Isla de San Andrés*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia - Medellín.

Casas, E., Hernandez, R., Montoya, C., & Trujillo, L. (2000). *Estudio Geoléctrico de las Formaciones Superficiales de Manizales* . Manizales : Universidad de Caldas .

Corpocaldas. (2012). *PAI quebrada Manizales* . Manizales : Corpocaldas. Recuperado el 28 de Septiembre de 2016, de Corpocaldas: <http://www.corpocaldas.gov.co/>

CORPOCALDAS. (2014). *Gestión Integral del Agua Subterránea en el departamento de Caldas*. Manizales: CORPOCALDAS.

CORPOCALDAS. (2016). *Plan de acción institucional 2016-2019*. Manizales Caldas.

- Corpocaldas, FESCO, Alcaldía de Manizales, Aguas de Manizales. (2012). *Plan De Acción Integral Microcuenca de la quebrada Manizales*. Manizales.
- CORPOCALDAS, GIAS - UTP. (2013). *Informe final del proyecto "Construcción de un modelo hidrogeológico conceptual del acuífero del río Risaralda, Fase I"*. Corpocaldas.
- CORPOCALDAS, MANIZALES, A. D., MANIZALES, A. D., & FESCO. (2012). *PLAN DE ACCIÓN INTEGRAL Microcuenca de la quebrada Manizales*. Manizales.
- CORPOCALDAS; GIAS - UTP. (2013). *Informe final del proyecto "construcción de un modelo hidrogeológico conceptual del acuífero del río risaralda fase I"*. CORPOCALDAS.
- DAMA. (2008). *Elaboración de lmodelo hidrogeológico para los acuíferos de santa fe de Bogotá, D.C. informe final*. Bogotá: DAMA.
- Gastmans, D., Veroslavsky, H., Kiang Chang, M., Caetano-Chang, & Nogueira Pressinotti, M. (2012). Modelo hidrogeológico conceptual del Sistema Acuífero Guaraní (SAG): una herramienta para la gestión. *Boletín Geológico y Minero*, 249-265.
- Gonzáles, H. (2001). *Planchas 206 y 225 manizales - nevado del ruiz*. Colombia: INGEOMINAS.
- Gracia, M., & Arellano, F. (2012). Modelo hidrogeológico conceptual del acuífero nimboyores, guanacaste, costa rica. *Geológica de América Central*, 143-161.
- Gutiérrez, M. M., Márquez, J. J., Muñoz, H., & Rojas, H. (2004). Modelación de acuíferos para el aprovechamiento sostenible del agua subterránea. *Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente*, 38-49.
- IDEAM. (2013). *Aguas subterráneas en Colombia: una visión general* . Bogotá: MinAmbiente.

- IDEAM. (2013). *Zonificación y codificación de unidades hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia*. Bogotá, D.C: IDEAM.
- IDEAM. (2014). *Estudio nacional del agua* . Bogotá, D.C: Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible .
- IDEAM. (2014). *Guía Metodológica para la Formulación de Planes de Manejo Ambiental de Acuíferos*. Bogotá: Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Lozano, F. A. (2012). *Hidroclimatología del Departamento de Caldas*. Manizales : Colombia: Universidad Nacional de Colombia – Manizales.
- Ministerio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Ministerio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial*. Medellín.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible . (2014). *Programa Nacional de Aguas Subterráneas -PNASUB*. Bogotá, D.C: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible .
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014). *Guía metodológica para la formulación de planes de manejo ambiental de acuíferos*. Bogotá, D.C.: Imprenta Nacional de Colombia.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Hidrogeología para la gestión del Recurso Hídrico*. Bogotá, D.C: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- 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.
- Monroy, R., & Gonzáles, J. P. (2010). Modelo hidrogeológico conceptual y análisis de vulnerabilidad a la contaminación del acuífero de Duitama Boyacá – Colombia . *In Vestigum Ire*, 127-138.

Otalvaro, M. v., & Vazques, L. M. (2004). *Métodos para determinar la recarga en acuíferos*. Medellín : Universidad Nacional-Medellin .

Palacio, A. P., & Betancur, T. (2008). Identificación de fuente y zonas de recarga de un sistema acuífero a partir de isótopos estables del agua. *Gestión y Ambiente* , 167-182.

Rueda, M. O., & Betancur, T. (2006). Evaluación de la vulnerabilidad del agua subterránea en el Najo Cauca Antioqueño . *Avances en Recursos Hidráulicos* , 71-88.

7. ANEXO DE FICHAS BIBLIOGRÁFICAS

Anexo 1. Ficha bibliográfica 1

Fecha de lectura: Septiembre de 2016	Numero consecutivo de revisión: 1
Título: Modelo hidrogeológico conceptual y análisis de vulnerabilidad a la contaminación del acuífero de Duitama Boyacá – Colombia	
Autor(es): Ricardo Monroy V y Juan Pablo Gonzales G	
Fuente bibliográfica: Monroy, R., y Gonzales, J.P. (2010). Modelo hidrogeológico conceptual y análisis de vulnerabilidad a la contaminación del acuífero de Duitama Boyacá – Colombia. <i>In Vestigium Ire</i> , 1(3), 127-138. Recuperado de http://revistas.ustatunja.edu.co/index.php/ivestigium/article/view/163/171	
Conceptos, contextos y aspectos metodológicos que propone el texto: La calidad del agua subterránea se puede ver afectada por las diversas acciones antrópicas que se desarrollan la superficie, las cuales constituyen fuentes potenciales de contaminación, generando cambios de las características naturales de las aguas subterráneas. El documento plantea una incorporación de estudios geológicos, hidrológicos, hidrogeológicos, sociales, económicos y culturales, para realizar un diagnóstico general y aproximado del estado del acuífero de Duitama Boyacá. Se pretende recolectar la información necesaria para conocer las características del acuífero, como: la extensión, puntos de recarga y descarga, fuentes superficiales que ayuden a la recarga y posibles causas de contaminación. De acuerdo a lo anterior propone un plan de manejo ambiental para un adecuado manejo, conservación del recurso hídrico y prevención de la contaminación, el cual permitió evaluar las principales fuentes que causan una vulnerabilidad alta y extrema a la contaminación de las aguas subterráneas con lo cual la autoridad ambiental cuenta con información para tomar decisiones tendientes a la minimización de estos impactos.	
Palabras nuevas: <ul style="list-style-type: none"> • Plumas de contaminación • Geomorfológicos • Litológico • Acuífugas 	
Preguntas de investigación y del conocimiento que propone el autor: <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cómo por medio de un modelo hidrogeológico conceptual se pueden implementar medidas de conservación y manejo adecuado del acuífero? • ¿Cuáles son las actividades antrópicas desarrolladas en la ciudad de Duitama Boyacá que puedan causar contaminación al acuífero? 	
Análisis interpretativo por el revisor: Colombia es un país que posee gran cantidad de recurso hídrico debido a su situación geográfica, la cual propicia una abundante precipitación, convirtiendo gran parte de esa agua en escorrentía superficial y otra parte se infiltra por medio del suelo para así formar un flujo subterráneo de agua, mejor conocidos como acuíferos. Los acuíferos son una de las principales fuentes de abastecimiento de agua fresca en el mundo, por lo cual su estudio y preservación es de vital importancia; por desgracia en Colombia, este tema aún no tiene un gran desarrollo, la información para realizar seguimientos y preservación de los acuíferos son limitados. Para ello, los modelos hidrogeológicos se realizan con diferentes campos disciplinarios, que involucra estudios geológicos, hidrológicos, hidrogeológicos, geotécnicos, sociales, económicos y culturales, que recopilan la información necesaria para determinar las características físicas y químicas del estado de un acuífero. Un punto importante en el estudio de los acuíferos, es la sensibilidad en la calidad del agua subterránea a la contaminación por la facilidad con la que puede ingresar una carga contaminante por medio de la infiltración a través del suelo; por eso se debe realizar una evaluación de las actividades económicas que causan puntos focales de contaminación a los acuíferos, por medio de infiltración de sustancias y lixiviados.	
Referencias de interés que cita el autor: <ul style="list-style-type: none"> • Hidrología Aplicada. • Atlas climatológico Nacional – Distribución espacio – temporal de las variables del clima. 	

Ficha 2. Ficha bibliográfica 2

Fecha de lectura: Septiembre de 2016	Numero consecutivo de revisión: 2
Título: Evaluación de la vulnerabilidad del agua subterránea en el bajo cauca antioqueño	
Autor(es): Orfely María Rueda G. y Teresita Betancur V.	
Fuente bibliográfica: Rueda, O. M., y Betancur, T. (2006). Evaluación de la vulnerabilidad del agua subterránea en el bajo cauca antioqueño. <i>Avances en Recursos Hidráulicos</i> , 13 ,71-88. Recuperado de http://www.bdigital.unal.edu.co/14945/1/9340-15910-1-PB.pdf	
<p>Conceptos, contextos y aspectos metodológicos que propone el texto:</p> <p>Las aguas subterráneas por su ubicación en el subsuelo, poseen de manera natural un mayor grado de protección a la contaminación directa que las aguas superficiales: sin embargo, cuando se produce su contaminación éste es un proceso cuyo efecto resulta difícilmente reversible. Por su naturaleza “subterránea”, es más difícil acceder al conocimiento de los acuíferos y las características que compone cada uno de ellos, para lo cual se debe realizar estudios detallados; proponiendo como de los más importantes la vulnerabilidad de acuíferos, haciendo referencia clara y concisa a la vulnerabilidad por contaminación. El cual es un proceso que combina la valoración de muchas características del sistema acuífero para producir un mapa en el que se diferencian áreas de mayor y menor vulnerabilidad. Para determinar la vulnerabilidad se puede dividir en cinco tipos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Vulnerabilidad extrema:</i> el acuífero es vulnerable a la mayoría de los contaminantes como impacto rápido en muchos escenarios. • <i>Vulnerabilidad alta:</i> vulnerable a muchos contaminantes (excepto a los que son absorbidos o fácilmente transformados) en muchos escenarios de contaminación. • <i>Vulnerabilidad moderada:</i> vulnerable a algunos contaminantes solo cuando son continuamente descargados o lixiviados. • <i>Vulnerabilidad baja:</i> solo vulnerable a contaminantes conservativos cuando son descargados o lixiviados en forma amplia y continúa durante largos periodos de tiempo. • <i>Vulnerabilidad despreciable:</i> presencia de capas confinantes en las el flujo vertical es insignificante. 	
<p>Palabras nuevas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Resistencia hidráulica • Fertilización con nitrógeno 	
<p>Preguntas de investigación y del conocimiento que propone el autor:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cómo por medio de mapas de vulnerabilidad de acuíferos, se puede tomar decisiones acerca de la protección del agua subterránea? 	
<p>Análisis interpretativo por el revisor:</p> <p>Para la región del Bajo Cauca Antioqueño, el agua subterránea representa casi la única fuente segura de abastecimiento para la comunidad, por lo cual debe ser de vital importancia el cuidado de este recurso, ya que al entrar en contacto con un agente contaminante, recuperarlo puede ser una labor casi imposible.</p> <p>El estudio de vulnerabilidad de acuíferos debe ser un punto importante dentro la gestión y protección de los mismos y más si es fuente de abastecimiento de una comunidad, en este caso del Bajo Cauca Antioqueño que se compone de los municipios de Caucasia, Taraza, Cáceres, Zaragoza, El Bagre y Nechi. Generando un punto importante de investigación luego de estar estructurado el modelo hidrogeológico para la misma zona de estudio, el cual ya tenía determinado los tipos de formaciones y unidades hidrogeológicas, facilitando el análisis y realización del análisis en la vulnerabilidad de acuíferos.</p>	
<p>Referencias de interés que cita el autor:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Una aproximación al entendimiento de a dinámica de un sistema acuífero tropical, caso de estudio Bajo Cauca Antioqueño. 	

Ficha 3. Ficha bibliográfica 3

Fecha de lectura: Septiembre de 2016	Numero consecutivo de revisión: 3
Título: Modelo hidrogeológico conceptual del Bajo Cauca antioqueño: un sistema acuífero tropical.	
Autor(es): Teresita Betancur V. y Oscar Mejía y Carlos Palacio	
Fuente bibliográfica: Betancur, T., Mejía, O. y Palacio, C., (2009). Modelo hidrogeológico conceptual del Bajo Cauca antioqueño: un sistema acuífero tropical. <i>Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia</i> , (48) ,107-118. Recuperado de http://www.redalyc.org/pdf/430/43016337011.pdf	
Conceptos, contextos y aspectos metodológicos que propone el texto:	
<p>El medio acuífero constituye un sistema abierto que intercambia materia y energía desde y hacia las fronteras. El estudio de un acuífero se le llama hidrogeología y es fundamentalmente una ciencia descriptiva que trata de acercarse cada vez más al rigor cuantitativo con la idea de responder con más precisión a las preguntas que se formulan en torno al manejo de los recursos hídricos subterráneos. El modelo conceptual comprende también las características de los parámetros hidráulicos de cada unidad. Además, identifica zonas y procesos de recarga y evaluación de reservas.</p> <p>El conocimiento de las características fisiográficas, hidrográficas, climatológicas y geológicas de una región representa una condición indispensable para la construcción de un modelo hidrogeológico que involucre como elementos básicos la definición de la geometría de las unidades hidrogeológicas y de sus propiedades hidráulicas, la determinación de las redes de flujo, la estimación de la recarga y la evaluación de las condiciones de calidad de las aguas subterráneas. La metodología de recolección y análisis de información se puede apreciar en el siguiente cuadro.</p>	
Palabras nuevas:	
<ul style="list-style-type: none"> • Estiaje • Limnigráficas • Fotointerpretación 	
Preguntas de investigación y del conocimiento que propone el autor:	
<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuáles son las características físicas y químicas del acuífero ubicado en el Bajo Cauca antioqueño? 	
Análisis interpretativo por el revisor:	
<p>El Bajo Cauca es una subregión del departamento de Antioquia en la cual el agua subterránea constituye un recurso natural estratégico en virtud de su función ecosistémica, al mantener el caudal base y los niveles de ríos y ciénagas en épocas de sequía y porque representa la única fuente segura de abastecimiento de agua para la población.</p>	

El propósito de construir un modelo conceptual es simplificar el problema de campo y organizar los datos de manera que el sistema pueda ser analizado de manera efectiva. Hay que señalar que un modelo hidrogeológico contiene numerosas interpretaciones cualitativas y subjetivas y la prueba de su validez sólo se logra mediante la aplicación de técnicas de investigación específicas. Difícilmente la sola exploración hidrogeológica apoyada en métodos físicos e hidrodinámicos proporciona resultados completos y seguros en relación con el conocimiento del sistema acuífero. Sin lugar a dudas se requieren incorporar métodos de modelación numérica, químicos, hidroquímicos, hidrogeoquímicos e isotópicos, que amplíen el panorama y, además proporcionen enfoques cuantitativos, que permitan probar la validez de los modelos conceptuales y buscar, cuando haga falta, alternativas para la interpretación y evaluación.

Referencias de interés que cita el autor:

- Hidrología subterránea
- Hidrología comparada

Anexo 4. Ficha bibliográfica 4

Fecha de lectura: Septiembre de 2016	Numero consecutivo de revisión: 4
Título: A Review on Hydrological Models.	
Autor(es): Gayathri K Devi, Ganasri B P y Dwarakish G S	
Fuente bibliográfica: Devi, G. K., Ganasri, B. P. y Dwarakish, G. S. (2015). A Review on Hydrological Models. <i>Aquatic Procedia</i> , (4), 1001-1007 Recuperado de http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214241X15001273	
Conceptos, contextos y aspectos metodológicos que propone el texto: El cambio climático y la heterogeneidad del suelo tienen un papel importante en la búsqueda de la escorrentía superficial. Se discute sobre la infiltración variable del modelo de capacidad (VIC), TOPMODEL, VHB, MIKESHE y el modelo de herramienta para evaluación de suelos y aguas (SWAT). El modelo VIC se desempeña bien en áreas húmedas y pueden ser utilizados de manera eficiente en la gestión del agua para fines agrícolas. El modelo MIKESHE se usa para el estudio de las cuencas más pequeñas. El modelo SWAT sirve para determinar la calidad de agua. El modelo HBV se usa para determinar las variables hidro-climáticas, como precipitación, temperatura del aire y evaporación. El modelo se puede ajustar para las condiciones climáticas de diferentes países. El modelo TOPMODEL se puede utilizar en cuencas con suelos poco profundos y la topografía moderada.	
Palabras nuevas: <ul style="list-style-type: none">• Cuencas no aforadas.	
Preguntas de investigación y del conocimiento que propone el autor: <ul style="list-style-type: none">• ¿Cuál es la importancia de la aplicación de modelos hidrológicos, en el estudio de cuencas hidrográficas?	
Análisis interpretativo por el revisor: El término hidrología puede ser considerado como un tema de vital importancia para las personas y su entorno. Trata sobre el agua, su circulación y distribución, sus propiedades químicas y físicas y su reacción con el medio ambiente. Debido a la rápida urbanización y la industrialización incluyendo la deforestación, el cambio de cobertura vegetal y el riego, genera varios cambios dentro de los sistemas hidrológicos. Hoy en día, varios modelos hidrológicos se han desarrollado en todo el mundo para averiguar el impacto en el clima, en las propiedades del suelo y los recursos hídricos. Cada modelo estudia características diferentes del medio ambiente, como: Las precipitaciones, la temperatura del aire, las características del suelo, la topografía, la vegetación, hidrogeología y otros parámetros físicos. Siendo de gran utilidad y aplicabilidad para cualquier tipo de cuenca hidrográfica.	
Referencias de interés que cita el autor: No aplica.	

Ficha 5. Ficha bibliográfica 5.

Fecha de lectura: Septiembre de 2016	Numero consecutivo de revisión: 5
Título: Understanding hydrological flow paths in conceptual catchment models using uncertainty and sensitivity analysis	
Autor(es): Eva M. Mockler, Fiachra E. O'Loughlin y Michael Bruen	
Fuente bibliográfica: Mockler, E. M., O'Loughlin, F. E. y Bruen, M. (2016). Understanding hydrological flow paths in conceptual catchment models using uncertainty and sensitivity analysis. <i>Computers & Geosciences</i> , (90), 66-77 Recuperado de http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S009830041530039X	
Conceptos, contextos y aspectos metodológicos que propone el texto: <p>En este estudio, se utilizó un método de análisis de sensibilidad basado en la varianza para investigar la sensibilidad de los parámetros y el flujo de partición de los tres modelos hidrológicos conceptuales que simulan 31 cuencas irlandesas. Se compararon dos modelos hidrológicos conceptuales establecidos y un nuevo modelo, producido especialmente para los modelos de calidad del agua. Además de los criterios que evalúan las simulaciones de caudal. La exploración de la sensibilidad de trayectoria de flujo interno de partición se centra en ayudar a evaluar las actuaciones del modelo. Los resultados destacan la estructura del modelo que tiene un fuerte impacto en trayectorias de flujo de aguas subterráneas simuladas. La sensibilidad a las vías internas en los modelos no se refleja en los resultados de criterios de rendimiento. Esto demuestra que la contribución de las aguas subterráneas debe ser simulada limitado por datos independientes para asegurar resultados dentro de límites realistas si tales modelos están para ser utilizados en el sostenibilidad del medio ambiente más amplio contexto de la toma de decisiones.</p> <p>Los resultados destacan que la estructura del modelo tiene un fuerte impacto en los flujos de las aguas subterráneas simuladas. Esto demuestra que la contribución de las aguas subterráneas simulada debe ser limitada por datos independientes para asegurar resultados dentro de los límites reales.</p>	
Palabras nuevas: <ul style="list-style-type: none"> Nutrientes difusos 	
Preguntas de investigación y del conocimiento que propone el autor: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo los modelos pueden ayudar a determinar las características de flujo interno en un acuífero? 	
Análisis interpretativo por el revisor: <p>El aumento de las presiones sobre la calidad del agua debido a la intensificación de la agricultura ha aumentado la necesidad de crear modelos para simular con precisión el movimiento de nutrientes difusos (no puntuales) en las cuencas.</p> <p>Los modelos hidrológicos intentan capturar los procesos dominantes en una cuenca y predecir las corrientes fluviales. Por razones prácticas, este continuo flujo se simplifica en vías de flujo discretos, para facilitar la comprensión conceptual, el desarrollo de modelos y los análisis de datos. Muchos de los modelos hidrológicos se han desarrollado y utilizado durante décadas para la investigación y la hidrología operativa. Sin embargo, hoy en día se están desarrollando nuevos modelos para incorporar conceptos frescos en procesos y lugares de captación específicos, para de esta forma facilitar las demandas de nuevas presiones sobre los recursos hídricos, incluyendo el enriquecimiento de nutrientes.</p>	
Referencias de interés que cita el autor: <ul style="list-style-type: none"> Evaluation of the transferability of hydrological model parameters for simulations under changed climatic conditions. 	

Anexo 6. Ficha Bibliográfica 6.

Fecha de lectura: Septiembre de 2016	Numero consecutivo de revisión: 6
Título: Application of a Conceptual Hydrologic Model in Teaching Hydrologic Processes	
Autor(es): Amir Aghakouchak y Emad Habib	
Fuente bibliográfica: Aghakouchak, A. y Habib, E. (2010). Application of a Conceptual Hydrologic Model in Teaching Hydrologic Processes. <i>Int. J. Engng Ed.</i> 26, (4), 963–973. Recuperado de http://amir.eng.uci.edu/publications/10_EduHBV_IJEE.pdf	
Conceptos, contextos y aspectos metodológicos que propone el texto: Comprender los procesos hidrológicos, es decir, la evapotranspiración, infiltración, deshielo, interflujo; es fundamental para el estudio de los recursos hídricos. La necesidad de mejorar los planes de estudio de ingeniería hidrología existente ha sido tema importante en varios informes nacionales e internacionales, en particular en dos áreas: modelado y observaciones de campo. Con la creciente disponibilidad de datos hidrológicos en una amplia gama de escalas (por ejemplo, de las plataformas de teledetección), la educación hidrología puede beneficiarse significativamente de la utilización de modelos de simulación para ayudar a comprender el complejo comportamiento y variabilidad significativa evidente en las observaciones hidrológicas. De hecho, una cobertura puramente teórica de temas de hidrología puede ser poco interesante para los estudiantes de ingeniería de hoy en día que están inspirados por una mejor práctica en los métodos de enseñanza. Este estudio pone a prueba el uso de un modelo hidrológico conceptual simplificado para exponer a los estudiantes en programas de ingeniería y ciencias ambientales a una experiencia de primera mano de la modelización hidrológica.	
Palabras nuevas: <ul style="list-style-type: none">• Ingeniería Hidrológica	
Preguntas de investigación y del conocimiento que propone el autor: <ul style="list-style-type: none">• ¿Cómo los modelos Hidrológicos pueden ayudar al entendimiento del comportamiento hídrico, a los estudiantes de las ciencias a fines?	
Análisis interpretativo por el revisor: Este estudio es una práctica en la herramienta de modelado el cual ha sido desarrollado para los estudiantes de ingeniería civil y ciencias de la tierra para ayudar en el aprendizaje de los fundamentos de procesos hidrológicos y el análisis básico del modelo y sensibilidad. Esta herramienta de modelado proporciona un entorno de aprendizaje interdisciplinario de los fenómenos hidrológicos, mediante el uso de un modelo hidrológico conceptual simplificado. El informe mostró que el enfoque práctico es una herramienta valiosa para el aprendizaje de los estudiantes y les proporciona una mejor comprensión de los procesos hidrológicos interconectados.	
Referencias de interés que cita el autor: <ul style="list-style-type: none">• No aplica	

Anexo 7. Ficha Bibliográfica 7.

Fecha de lectura: Septiembre de 2016	Numero consecutivo de revisión: 7
Título: A framework for development and application of hydrological models	
Autor(es): Thorsten Wagener, Douglas P. Boyle, Matthew J. Lees, Howard S. Wheater, Hoshin V. Gupta and Soroosh Sorooshian	
Fuente bibliográfica: T. Wagener, D.P., Boyle, M.J. Lees., H.S. Wheater, H.V. Gupta and S. Sorooshian. (2001). A framework for development and application of hydrological models. <i>Hydrology and Earth System Sciences</i> , 5(1), 13–26. Recuperado de http://www.hydrol-earth-syst-sci.net/5/13/2001/hess-5-13-2001.pdf	
Conceptos, contextos y aspectos metodológicos que propone el texto: Cada vez más, los modelos hidrológicos se están convirtiendo en el modelado de sistemas que representan una amplia gama de procesos ambientales, a una amplia gama de escalas temporales y espaciales. Esto se ha asociado generalmente con un aumento de la complejidad del modelo, la falta de datos de observación apropiado para limitar los estados modelo y salidas, y un número cada vez mayor de los resultados del modelo. Por otro lado, hay una conciencia creciente de que el contenido de información en los datos para identificar la estructura del modelo y de los parámetros es limitado. Se necesita un marco analítico para guiar el desarrollo del modelo y la aplicación que cuantifica la incertidumbre asociada a los parámetros y los resultados del modelo, el cual maximiza el uso de información previa. La aplicabilidad basada en la física, se acerca al modelo de lluvias por escorrentía, que en teoría permitiría conocer los parámetros los cuales son derivados de las mediciones de campo. La información previa es por tanto limitada y se reconoce en general que los modelos y / o parámetros deben ser identificados a través de modelación inversa. Este documento presenta un marco para evaluar una adecuada estructura del modelo conceptual, parámetros y comportamiento.	
Palabras nuevas: No aplica	
Preguntas de investigación y del conocimiento que propone el autor: <ul style="list-style-type: none">• ¿El uso adecuado de modelos hidrológicas ayudaría a la obtención de datos analíticos adecuados, para una comprensión holística del entorno?	
Análisis interpretativo por el revisor: Muchos procedimientos de modelado hidrológico existentes no se usan de la mejor manera la información disponible, lo que puede generar errores en la estructura del modelo, los parámetros, y la información detallada sobre el comportamiento del modelo. Se necesita depurar la información para lograr el nivel de complejidad deseado, el cual debe apoyarse en los datos disponibles para lograr los datos deseados. Se deben generar niveles apropiados dependiendo de la complejidad del modelo en función de los datos disponibles, las características del sistema hidrológico y el propósito del modelo. El documento presenta un marco analítico para lograrlo, y las herramientas a utilizar en su interior, basado en un enfoque multi-objetivo para modelar la calibración y análisis. La utilidad del marco se demuestra con un ejemplo de campo con un modelo para precipitaciones y escorrentías.	
Referencias de interés que cita el autor: No aplica	

Anexo 8. Ficha Bibliográfica 8.

Fecha de lectura: Septiembre de 2016	Numero consecutivo de revisión: 8
Título: Basic Concepts of Groundwater Hydrology	
Autor(es): Thomas Harter	
Fuente bibliográfica: Harter, T. (2003). Basic Concepts of Groundwater Hydrology. <i>the Regents of the University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, Publication 8083</i> . Recuperado de http://groundwater.ucdavis.edu/files/156562.pdf	
Conceptos, contextos y aspectos metodológicos que propone el texto: Una formación geológica la cual contiene cantidades significativas de aguas subterráneas puede ser bombeada para usos domésticos, municipales o agrícolas, lo cual se conoce como un acuífero. En algunos casos, los acuíferos están separados verticalmente uno de otro por las formaciones geológicas que permiten poco o nada al agua fluir dentro o fuera. Una formación que actúa como una barrera para el agua, se denomina acuitardo, si es mucho menos permeable que un acuífero, pero aún permite el flujo de elementos como por ejemplo, arena. Si la barrera de agua es casi impermeable como por ejemplo, arcilla, y esta forma una barrera de flujo entre los acuíferos, se conoce como un acuicludo.	
Palabras nuevas: <ul style="list-style-type: none">• Acuitardo suprayacente• Pozo artesiano	
Preguntas de investigación y del conocimiento que propone el autor: <ul style="list-style-type: none">• ¿Cómo el estudio de aguas subterráneas pueden mejorar la calidad de vida en las poblaciones cercanas, siendo aprovechada para el uso cotidiano, agrario e industrial?	
Análisis interpretativo por el revisor: Los acuíferos pueden ser de dos tipos: No confinado o confinado. Un acuífero no confinado no tiene acuitardo suprayacente o "acuicludo". Cuando existen múltiples niveles en los acuíferos, el acuífero superior es normalmente no confinado. El nivel freático en la parte superior del acuífero libre puede moverse libremente hacia arriba y hacia abajo dentro de la formación de sedimentos, dependiendo de la cantidad de agua almacenada allí. El nivel del agua en un pozo perforado en un acuífero no confinado será la misma profundidad que el nivel freático en el acuífero. Un acuífero confinado, es el que está intercalado entre un acuitardo y un acuicludo. Debido a que la tabla de agua en la zona de recarga del acuífero confinado es mucho más alto que la parte superior de la propia acuífero confinado, el agua en un acuífero confinado está presurizado. Esta presurización significa que el nivel del agua en un pozo de sondeo perforado en un acuífero confinado, aumentará significativamente por encima de la parte superior del acuífero. Un pozo artesiano que fluye se produce cuando la presión es tan alta que el nivel del agua en un pozo perforado en el acuífero confinado, se eleva por encima de la superficie de la tierra o sea que un pozo abierto fluye libremente sin bombeo.	
Referencias de interés que cita el autor: No aplica	

Anexo 9. Ficha Bibliográfica 9.

Fecha de lectura: Septiembre de 2016	Numero consecutivo de revisión: 9
Título: Mapping Subsurface Formations On The Eastern Red Sea Coast In Jordan Using Geoelectrical Techniques: Geological And Hydrogeological Implications	
Autor(es): Awni T. Batayneh.	
Fuente bibliográfica: Batayneh, A. T. (2007). Mapping Subsurface Formations On The Eastern Red Sea Coast In Jordan Using Geoelectrical Techniques: Geological And Hydrogeological Implications. <i>Earth Sci. Res. J</i> , 11(2), 97-107. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-61902007000200001	
Conceptos, contextos y aspectos metodológicos que propone el texto: Durante 2006, mediciones geoeléctricas que usaban el método sondeos eléctricos verticales (EVS) fueron realizados en la costa oriental del mar rojo en Jordania, usando el instrumento de resistividad SYSCAL-R2. Se evaluó la posibilidad de cartografiar los sedimentos cuaternarios en áreas donde poco se sabe sobre la geología subterránea y deducir estructuras geológicas a partir de interpretaciones eléctricas, e identificar formaciones que presentan acuíferos, para estimar la relación entre recursos de agua subterránea y estructuras geológicas. Se recolectaron datos de 47 sitios los cuales fueron interpretados en primera estancia con técnicas para emparejar las curvas, usando curvas principales teóricamente calculadas, conjuntamente con las curvas auxiliares. Los modelos iniciales terrestres fueron comprobados y reinterpretados en segunda instancia usando un programa de inversión 1-D para obtener modelos finales terrestres. Las mediciones de resistividad demuestran una tendencia dominante de disminución de la resistividad con la profundidad y hacia el oeste del mar rojo. Tres zonas con diferentes valores de resistividad fueron detectadas, correspondiendo a tres diferentes formaciones: Una formación acuífera en el oeste que contiene el agua salada del mar rojo. Una zona de transición entre arcilla y arena gruesa arcillosa; y estratos saturados con agua subterránea fresca.	
Palabras nuevas: <ul style="list-style-type: none"> • Curvas auxiliares • Curvas principales 	
Preguntas de investigación y del conocimiento que propone el autor: <ul style="list-style-type: none"> • ¿El conocimiento de las diferentes zonas hidrológicas en una región específica, puede ayudar al entendimiento del comportamiento de las aguas subterráneas? 	
Análisis interpretativo por el revisor: El uso de la técnica de investigación VES demostró ser útil para cartografiar el subsuelo. El modelo VES también se puede utilizar para localizar masas de agua subterránea y zonas con propiedades eléctricas anómalas. Las resistividades aparentes medidas en el área de estudio, pueden ser explicados por las distribuciones de resistividad que afecta a cuatro extensas zonas eléctricamente distintivas. Los resultados del modelo arrojaron dos comportamientos hidrogeológicos diferentes que se pueden distinguir, uno es una solución salina de las aguas subterráneas de los acuíferos costeros en la parte occidental, y el otro un acuífero de agua dulce subterránea en la parte oriental. Un resultado importante de este estudio es la existencia de diferentes zonas hidrogeológicas costeras directamente vinculadas a las estructuras del subsuelo geológico, a pesar de la cubierta de la superficie monótona aluvial superficial y sedimentos en la reserva natural de Mujib Las estructuras geológicas de las zonas costeras dentro de una placa activa pueden controlar de manera significativa el comportamiento de las aguas subterráneas y el conocimiento de la historia tectónica de la región. El segundo resultado importante es que la zona se caracteriza por una arcilla gruesa y sustrato poco permeable que se produce en la parte central. Este resultado proporciona nuevas ideas sobre la hidrogeología de la zona	
Referencias de interés que cita el autor: No aplica	

Anexo 10. Ficha Bibliográfica 10.

Fecha de lectura: Septiembre de 2016	Numero consecutivo de revisión: 10
Título: Geological and geophysical evaluation of the Ajana area's groundwater potential, southwestern Nigeria	
Autor(es): Ariyo, Stephen O., Folorunso, Adetayo F. y Ajibade O.M.	
Fuente bibliográfica: Ariyo, S. O., Folorunso, A. F. y Ajibade O.M. (2011). Geological and geophysical evaluation of the Ajana area's groundwater potential, southwestern Nigeria. <i>Earth Sci. Res. S J</i> , 15(1), 35-40. Recuperado de http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/esrj/article/view/27203	
Conceptos, contextos y aspectos metodológicos que propone el texto: Las aguas subterráneas son un recurso natural vital para el abastecimiento de agua de una comunidad y juega un papel fundamental en el bienestar humano, así como la de muchos ecosistemas acuáticos. Es una buena fuente de agua en muchos casos, debido a que la calidad del agua en general es buena, ya que ha sido filtrada por el suelo, que está fácilmente disponible y es a menudo la única fuente de agua dulce disponible. Existe cada vez mayor demanda de este recurso que se ha traducido en el enorme desarrollo de los recursos de agua subterránea durante los últimos años. Por desgracia, no está disponible con facilidad, pues el agua superficial y su explotación implican costes y exige conocimientos técnicos. El área Ajana se encuentra dentro de las rocas del Precámbrico al sur-oeste de Nigeria. El complejo subterráneo representa el cerca del 80% de la superficie total del sudoeste de Nigeria. Las rocas del complejo subterráneo al sur-oeste de Nigeria se han clasificado en complejos migmatita-gneis, meta-sedimentarias y rocas volcánicas, granitoides, ácidos no deformados y diques básicos.	
Palabras nuevas: <ul style="list-style-type: none">• Variedades de Gneis.• migmatita-gneis	
Preguntas de investigación y del conocimiento que propone el autor: <ul style="list-style-type: none">• ¿Es el uso del agua subterránea un detonante para el desarrollo de comunidades las cuales se podrían beneficiar del uso de la misma?	
Análisis interpretativo por el revisor: Se elaboró una evaluación geológica - geofísica del potencial hidrogeológico en Ajana, en la zona suroeste de Nigeria. El mapeo geológico reveló que el área está conformada por granitos, cuarcitas y variedades de gneis, algunos con buena porosidad secundaria y permeabilidad. Se realizaron diez sondeos eléctricos verticales en configuración Schlumberger, donde se establecieron cinco capas: Suelo, arena, arcilla arenosa, basamento fracturado - meteorizado y roca fresca. Las capas acuíferas tienen espesores de 38.2m con resistividades de 283Ωm para arena y arcilla arenosa, y resistividades entre 55 – 518Ωm para el basamento meteorizado. Las curvas tipo QH fueron predominantes en la zona. Los coeficientes de anisotropía sugirieron que los SEV tienen gran potencial hidrogeológico con un rango de 1.40 a 1.56; mientras que los coeficientes de reflexión para la zona variaron entre 0,21 y 0,99. Los resultados generales mostraron que en los puntos de los SEV 8, 9 y 10 podrían ser posibles fuentes de agua subterránea con alto rendimiento.	
Referencias de interés que cita el autor: <ul style="list-style-type: none">• Electrical methods in geological prospecting	

Anexo 11. Ficha Bibliográfica 11.

Fecha de lectura: Septiembre de 2016	Numero consecutivo de revisión: 11
Título: DRASTIC-based methodology for assessing groundwater vulnerability in the Gümüşhacıköy and Merzifon basin (Amasya, Turkey)	
Autor(es): Arzu Firat Ersoy y Fatma Gültekin	
Fuente bibliográfica: Arzu Firat Ersoy and Fatma Gültekin. (2013). DRASTIC-based methodology for assessing groundwater vulnerability in the Gümüşhacıköy and Merzifon basin (Amasya, Turkey). <i>Earth Sci. Res. SJ</i> , 17(1), 33-40. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1794-61902013000100006&script=sci_arttext&lng=es	
Conceptos, contextos y aspectos metodológicos que propone el texto: El objetivo es evaluar la vulnerabilidad de las aguas subterráneas, la contaminación en un acuífero superficial utilizando las técnicas del sistema de información geográfica (GIS), el modelo DRASTIC combinado con capas de datos hidrogeológicos, es decir, la profundidad del agua, la recarga neta, medios acuíferos, los medios de comunicación del suelo, topografía, impacto de la zona no saturada y la conductividad hidráulica. Un mapa de vulnerabilidad, que muestra las zonas alta, media y baja vulnerabilidad.	
Palabras nuevas: No aplica	
Preguntas de investigación y del conocimiento que propone el autor: <ul style="list-style-type: none"> • ¿Es necesaria la elaboración de mapas de vulnerabilidad acuífera para prevenir la contaminación de afluentes a causa de los cambios ambientales? 	
Análisis interpretativo por el revisor: Hoy en día la preparación de mapas de vulnerabilidad acuífera se ha convertido en una actividad crucial para prevenir la contaminación por efectos ambientales de un afluente y su posterior inutilización. Técnicas GIS y el método DRASTIC han sido utilizados en la preparación de mapas de vulnerabilidad en la cuenca donde están localizados los acuíferos Gümüşhacıköy y Merzifon, en Turquía. Se crearon capas con el método DRASTIC, con parámetros como nivel, recarga, ambiente del acuífero, topografía y conductividad hidráulica. Esto se logró al sobreponer estas capas por medio de técnicas GIS, lo que permitió determinar zonas diferentes de vulnerabilidad en la cuenca de Gümüşhacıköy. Se concluye que la cuenca de Gümüşhacıköy tiene un bajo potencial de contaminación. El 16 % de la cuenca es altamente vulnerable y el 47 % de baja vulnerabilidad. En aquellos lugares identificados con alto potencial de contaminación se suelen sobreponer áreas donde la inclinación de tierra sobre el acuífero es permeable.	
Referencias de interés que cita el autor: <ul style="list-style-type: none"> • A comparative study of four schemes for groundwater vulnerability mapping in a diffuse flow carbonate aquifer under Mediterranean climatic conditions 	

Anexo 12. Ficha Bibliográfica 12.

Fecha de lectura: Septiembre de 2016	Numero consecutivo de revisión: 12
Título: Application of gravimetry and electric tomography methods to obtain stratigrafic profiles: case study at university of Quindío and Puerto Espejo area, Armenia-Colombia	
Autor(es): Erika Cristina Jaramillo Giraldo, Ximena Vega Manchola y Hugo Monsalve Jaramillo	
Fuente bibliográfica: Jaramillo E. C., Vega, X. y Monsalve, H. (2005). Application of gravimetry and electric tomography methods to obtain stratigrafic profiles: case study at university of Quindío and Puerto Espejo area, Armenia-Colombia. <i>Earth Sci. Res. J.9</i> , (2), 73-84. Recuperado de http://revistas.unal.edu.co/index.php/esrj/article/view/21235	
Conceptos, contextos y aspectos metodológicos que propone el texto: La ciudad de Armenia, Colombia ha sido la ubicación de varios estudios geograficos, por esta razón, los científicos e investigadores han tratado de mejorar el conocimiento general de los aspectos geológicos y geofísicos en Quindío departamento. El más reciente interés para la comprensión de la sub-superficie en Armenia ha sido la geofísica y estructurales Modelado de la zona urbana y alrededores en proyecto Armenia, que incluye el presente estudio, en donde se utilizan los métodos físicos de gravimetría y la tomografía eléctrica, para obtener perfiles estratigráficos. Los métodos de los estudios geofísicos, entre las que podemos mencionar la resistividad eléctrica y gravimetría, miden una serie de propiedades físicas de los objetos o estructuras en la sub-superficie, que los hacen diferentes desde el sitio circundante. La exploración de estos contrastes entre las propiedades de diversos materiales y las rocas que encierran es común en la explotación de recursos naturales (petróleo, agua subterránea, minerales, etc.) y en la prospección de apoyo a la Ingeniería Civil, al igual que la topografía para el estudio de las condiciones de presas o edificios fundaciones, o el nivel de saturación del suelo.	
Palabras nuevas: <ul style="list-style-type: none"> • Abanico volcánicoclástico 	
Preguntas de investigación y del conocimiento que propone el autor: <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuál es la importancia o relevancia de los estudios realizado para reconocer los perfiles estratigráficos de una región determinada? 	
Análisis interpretativo por el revisor: Se describe la metodología usada para desarrollar campañas geofísicas de resistividad y gravimetría aplicadas al subsuelo. Estos son métodos totalmente indirectos cuyo propósito es determinar los contrastes de densidad y resistividad en el subsuelo, para relacionarlas con los diferentes tipos de suelos en las áreas de estudio, localizadas al sur y norte de la ciudad de Armenia-Quindío. Para determinar la geometría de perfiles longitudinales basados en pozos geotécnicos existentes los cuales solo proveen información unidimensional. La importancia del subsuelo es analizada usando métodos eléctricos de resistividad y gravimetría en proyectos de ingeniería civil. Los factores más importantes que influyen los cambios en la resistividad eléctrica y valores gravimétricos para diferentes materiales geológicos también son analizados, así como los rangos de variación de estos valores, dependiendo de las condiciones climáticas y la formación de capas en cada área de estudio. Los resultados obtenidos son presentados en perfiles eléctricos y gravimétricos en Puerto Espejo y la Universidad del Quindío, los cuales fueron útiles como parámetros de calibración de los rangos de resistividad y gravimetría para los tipos de suelos encontrados en estas áreas de Colombia, dependiendo también de los factores de humedad y temperatura.	
Referencias de interés que cita el autor: No aplica	

Anexo 13. Ficha Bibliográfica 13.

Fecha de lectura: Septiembre de 2016	Numero consecutivo de revisión: 13
Título: Impact of land-use changes on the hydrological processes in the Elbow river watershed in southern Alberta	
Autor(es): G. N. Wijesekaraa, A. Guptab, C. Valeoc, J. G. Hasbanid, y D. J. Marceau	
Fuente bibliográfica: Wijesekaraa, G. N., Guptab, A., Valeoc, C., Hasbanid, J.G., y Marceau, D.J. (2010). Impact of land-use changes on the hydrological processes in the Elbow river watershed in southern Alberta. Recuperado de http://www.iemss.org/iemss2010/papers/S08/S.08.06.Impact%20of%20landuse%20changes%20on%20the%20hydrological%20processes%20in%20the%20Elbow%20river%20watershed%20in%20southern%20Alberta%20-%20NISHAD%20WIJESEKARA.pdf	
Conceptos, contextos y aspectos metodológicos que propone el texto: El agua es un componente esencial en nuestro medio ambiente que los seres humanos a menudo dan por sentado, y la previsión de su disponibilidad para la próxima generación se ha convertido en una tarea esencial en la planificación y gestión de recursos para las ciudades que crecen rápidamente. En las ciudades en crecimiento, uno de los principales factores que causan cambios en los recursos hídricos es la evolución constante en el uso del suelo. Estudios recientes han demostrado el potencial de crear un modelo integrado para evaluar el impacto de los cambios de uso del suelo en los recursos hídricos, encontrando que a medida que el número de hogares aumentó de 3 a 337 en los 200 años de la simulación, la respuesta a la tormenta pronosticada se hace progresivamente más llamativo. La expansión de la agricultura y la pérdida de bosques contribuyeron a un aumento del 4% en el total de las pérdidas por evaporación, una disminución del 22% en la descarga anual y un aumento del 18% en el almacenamiento interno de agua y la pérdida de agua subterránea profunda.	
Palabras nuevas: No aplica	
Preguntas de investigación y del conocimiento que propone el autor: <ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué modelos se pueden usar para realizar un estudio, de las consecuencias del desarrollo en las ciudades para el recurso hídrico? 	
Análisis interpretativo por el revisor: Debido al rápido crecimiento de la población y la urbanización en la ciudad de Calgary, la cuenca del río del codo en el sur de Alberta, ha sido objeto de uso de la tierra cambios considerables en la última década. Este estudio es evaluar el impacto de la intensificación del uso del suelo simulado con un modelo de autómatas celulares (CA) en los procesos hidrológicos de la cuenca utilizando un modelo hidrológico de base física y distribuida. El modelo fue calibrado para el período 1985-1990 y validado para el período 2000-2005. El modelo CA fue calibrado usando cuatro mapas de uso del suelo y validado contra el mapa de 2006. Se utilizó para predecir los cambios de uso del suelo en un intervalo de cinco años. El del suelo de la cuenca fueron extraídos de estos mapas simulados para evaluar el impacto en los procesos hidrológicos en la cuenca. Los resultados de la calibración y validación mostraron suficiente el rendimiento del modelo.	
Referencias de interés que cita el autor: No aplica	

Anexo 14. Ficha Bibliográfica 14.

Fecha de lectura: Septiembre de 2016	Numero consecutivo de revisión: 14
Título: Modelo hidrogeológico conceptual del Sistema Acuífero Guaraní (SAG): una herramienta para la gestión	
Autor(es): D. Gastmans, G. Veroslavsky, H. Kiang Chang, M. R. Caetano-Chang y M. M. Nogueira Pressinotti	
Fuente bibliográfica: Gastmans, D., Veroslavsky, G., Kiang Chang, H., Caetano-Chang, M. R. y Nogueira Pressinotti, M. M., 2012. Modelo hidrogeológico conceptual del Sistema Acuífero Guaraní (SAG): una herramienta para la gestión. <i>Boletín Geológico y Minero</i> , 123 (3), 249-265. Recuperado de http://www.igme.es/Boletin/2012/123_3/8_ARTICULO%204.pdf	
Conceptos, contextos y aspectos metodológicos que propone el texto: <p>En los acuíferos someros y de pequeña extensión la disponibilidad hídrica está generalmente controlada en forma directa por las tasas de recarga y descarga en los cursos de agua superficial. En cambio, en los grandes sistemas acuíferos regionales las características del reservorio, controladas por los rasgos geológicos, poseen mayor importancia en la disponibilidad hídrica que las tasas de recarga, ya que las mismas influyen directamente en la distribución de las conductividades hidráulicas y en los patrones de flujo. De esta forma, la gestión de las aguas subterráneas en estos acuíferos debería estar sustentada en el conocimiento de la arquitectura geológica y de los posibles efectos sobre las condiciones de flujo y recarga derivadas de las condiciones geológicas en esas unidades. El Sistema Acuífero Guaraní (SAG) es un acuífero transfronterizo, localizado en la región occidental del continente Sudamericano, este enorme acuífero representa, para buena parte de su población, el principal reservorio de agua subterránea actualmente en explotación, siendo utilizado en el abastecimiento público de agua de diversas ciudades, así como en la producción agroindustrial y el turismo. Con el volumen de información generada, y teniendo en cuenta la importancia del SAG para la región, investigadores de diversas universidades propusieron ampliar el conocimiento del mismo con el fin último de instrumentar la gestión sustentable del recurso, lo cual debería considerarse una acción estratégica común y necesaria a los cuatro países. Esta idea se concretó con la ejecución de un proyecto conjunto denominado "Proyecto de Protección Ambiental y Desarrollo Sustentable del Sistema Acuífero Guaraní" (PSAG).</p>	
Palabras nuevas: <ul style="list-style-type: none"> • Arquitectura geológica • Fajas de afloramiento • Restrictas 	
Preguntas de investigación y del conocimiento que propone el autor: ¿Cómo se puede generar una legislación única que rija el sistema trasfronterizo del Acuífero Guaraní, de manera que se pueda dar protección adecuada en todo su complejo?	
Análisis interpretativo por el revisor: <p>El modelo hidrogeológico conceptual generado para el Sistema Acuífero Guaraní (SAG), indica cuales son los principales rasgos hidrogeológicos que deben ser considerados por los gestores en la creación del entramado institucional común a los cuatro países, con el fin de compartir la gestión del recurso. Puesto que el (SAG) se extiende por los territorios de Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay, constituyendo un típico ejemplo de acuífero transfronterizo. Representa una importante fuente de suministro de agua potable para la población que vive en su área de ocurrencia, por lo cual mecanismos de gestión compartida están siendo consolidados, en virtud de que las legislaciones relativas a los recursos hídricos subterráneos son distintas en los cuatro países. En este sentido, el modelo hidrogeológico conceptual regional debe constituir una herramienta a ser considerada en la toma de decisiones, principalmente en las áreas donde el flujo de las aguas subterráneas sobrepasa los límites territoriales. El SAG es considerado un acuífero continuo, constituido por rocas sedimentarias arenosas de las cuencas del Paraná y Chacoparanense comprendidas entre la discordancia permo-eotriásica y los derrames basálticos del Cretácico Inferior. Flujo transfronterizo se observa en áreas restrictas de las fronteras de los cuatro países; sin embargo, en función del tiempo de permanencia de las aguas en el acuífero, el mismo merece cuidados especiales en relación a una sobreexplotación, principalmente sus áreas confinadas.</p>	

Referencias de interés que cita el autor: No aplica

Anexo 15. Ficha Bibliográfica 15.

Fecha de lectura: Septiembre de 2016	Numero consecutivo de revisión: 15
Título: Modelo Hidrogeológico Conceptual Del Acuífero Nimboyores, Guanacaste, Costa Rica	
Autor(es): Mario A. García y Federico Arellano	
Fuente bibliográfica: García, M. A. y Arellano, F. (2012). Modelo Hidrogeológico Conceptual Del Acuífero Nimboyores, Guanacaste, Costa Rica. <i>Revista Geológica de América Central</i> , 47, 143-161. Recuperado de http://revistas.ucr.ac.cr/index.php/geologica/article/view/6498/6197	
Conceptos, contextos y aspectos metodológicos que propone el texto: El acuífero de Nimboyores, ubicado en la provincia de Guanacaste (Costa Rica) fue definido en este trabajo como un acuífero libre y está compuesto por tres capas: un coluvio grueso en la parte inferior, seguido de un coluvio fino y en la parte superior suelo areno- arcilloso. La profundidad del basamento varía entre los 30 y 45 m. Este modelo fue obtenido mediante la correlación de los resultados de 7 sondeos eléctricos verticales con 50 pozos con información litológica. Las conductividades hidráulicas de dichas capas son, respectivamente, 300, 60 y 10 m/d. La recarga total al acuífero es de 1211 l/s, obtenida a partir del balance hídrico. Con base en el registro de niveles en 14 pozos obtenidos durante 7 años monitoreados por el SENARA, se establecieron los niveles estáticos para el mes de mayor sequía registrada. El modelo conceptual mejora el entendimiento del flujo de agua subterránea y la influencia de las condiciones geológicas.	
Palabras nuevas: <ul style="list-style-type: none">• Coluvio• Basamento	
Preguntas de investigación y del conocimiento que propone el autor: <ul style="list-style-type: none">• ¿Cuáles son las características del acuífero Nimboyores, Guanacaste, Costa Rica?	
Análisis interpretativo por el revisor: El Acuífero Nimboyores está localizado en la zona del pacífico norte de Costa Rica, en la provincia de Guanacaste y constituye la fuente fundamental de suministro de agua para las poblaciones de Cartagená, Tempate y Lorena. El fenómeno de déficit de abastecimiento aumenta por los períodos de sequía, predominantes en los meses comprendidos entre diciembre y abril, de acuerdo al análisis de los datos históricos de precipitación, en los informes de perforación de pozos del área de estudio, se muestra que la profundidad del basamento oscila entre 30 y 45 m. El estudio del acuífero Nimboyores tomo relevancia, debido a la construcción de un sistema de acueducto para abastecer un complejo hotelero en una zona costera de Brasilito. Este sistema estaría compuesto de una serie de pozos que descargarían a gran escala el acuífero Nimboyores para abastecer al complejo turístico; causando controversia en las poblaciones vecinas. Dando pie a la realización de diversos estudios donde se evaluaría el potencial del acuífero.	
Referencias de interés que cita el autor: <ul style="list-style-type: none">• Plan Maestro Integral de la Microcuenca del río Nimboyores y su área de influencia Guanacaste, Costa Rica• Hidrogeología Subterránea• Cálculo de la recarga potencial de acuíferos mediante un balance hídrico de suelos	

Anexo 16. Ficha Bibliográfica 16.

Fecha de lectura: Septiembre de 2016	Numero consecutivo de revisión: 16
Título: MODELACIÓN DE ACUÍFEROS PARA EL APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DEL AGUA SUBTERRÁNEA	
Autor(es): Gutiérrez Enríquez, María Mercedes; Márquez Molina, Jhon Jairo; Materón Muñoz, Hernán; Rojas Palacios, Hernán	
Fuente bibliográfica: Gutiérrez, M. M., Marquez, J. J., Materon, H. y Rojas, H. (2004). Modelación de acuíferos para el aprovechamiento sostenible del agua subterránea. <i>Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente</i> , 1(1), 38-49. Recuperado de http://www.redalyc.org/pdf/2311/231117826006.pdf	
Conceptos, contextos y aspectos metodológicos que propone el texto: La zona plana del Valle del Cauca limitada por los ríos Cauca, Tuluá y Guadalajara, junto con la línea de piedemonte, se caracteriza por ser una región, donde el aprovechamiento del agua subterránea, juega un papel importante en el desarrollo de la actividad agrícola e industrial. Geológicamente la zona de estudio se caracteriza por presentar dos tipos de depósitos cuaternarios, por lo que costa rica se convierte a su vez en una zona potencial para el aprovechamiento del recurso hídrico subterráneo. La construcción del modelo conceptual y la simulación de varios escenarios, permitió estudiar el comportamiento hidráulico de los acuíferos y establecer criterios para la planificación del aprovechamiento sostenible del agua subterránea por medio del desarrollo de nuevas técnicas para la interpretación de la hidrogeología de la zona de estudio y la elaboración de modelos en tres dimensiones permiten visualizar el posible comportamiento de los diferentes estratos encontrados; lo que permitió realizar una mejor conceptualización de las principales características geológicas de la zona.	
Palabras nuevas: <ul style="list-style-type: none">• Pie de monte	
Preguntas de investigación y del conocimiento que propone el autor: <ul style="list-style-type: none">• ¿Es necesario la creación de modelos para aprovechamiento el uso de aguas subterráneas, como herramientas de planificación?	
Análisis interpretativo por el revisor: Se presenta un modelo de simulación hidrogeológica para el acuífero comprendido en la zona plana de los municipios de Tuluá, San Pedro y Buga (Valle del Cauca – Colombia). Se partió de un modelo conceptual ajustado a las características y condiciones del acuífero, construido con base en información real tomada de campo. La modelación se realizó mediante la utilización del programa Visual Modflow, el cual utiliza el método de diferencia finita, consiguiendo un buen ajuste en la diferencia entre los niveles piezométricos medidos y calculados, y a su vez un bajo error de calibración. De esta manera, generando mapas como resultado de la modelación, convirtiéndose en una herramienta valiosa para la planificación del aprovechamiento sostenible de las aguas subterráneas y el inicio para el estudio de la contaminación de este recurso.	
Referencias de interés que cita el autor: <ul style="list-style-type: none">• Hidrología Subterránea Tomo I y II. Segunda edición	

Anexo 17. Ficha Bibliográfica 17.

Fecha de lectura: Septiembre de 2016	Numero consecutivo de revisión: 17
Título: Métodos para determinar la recarga en acuíferos	
Autor(es): María Victoria Vélez Otálvaro y Lina María Vásquez Ariza	
Fuente bibliográfica: Vélez, M. V. y Vásquez, L. M. (2004). Métodos para determinar la recarga en acuíferos. Recuperado de http://www.bdigital.unal.edu.co/4442/1/EA3760.pdf	
Conceptos, contextos y aspectos metodológicos que propone el texto: La recarga a un acuífero puede definirse como el agua que alcanza las reservas subterráneas. Este concepto es importante para estudios de recursos hídricos y para estudios de transporte de contaminantes. La recarga puede determinarse por varios métodos, y se clasifican en 5 grupos: <ul style="list-style-type: none">• <i>Medidas directas:</i> La recarga se mide directamente mediante la construcción de lisímetros. Un lisímetro es un bloque de suelo dotado de dispositivos que permiten medir el flujo que drena hasta el acuífero.• <i>Balance hídrico:</i> Se determinan los flujos de entrada y de salida de un sistema, y la recarga al acuífero constituye el residuo de la ecuación de balance; hacen parte de este grupo los balances de humedad del suelo, de agua en canales, el método de fluctuaciones del nivel freático, y el que iguala la descarga a la recarga.• <i>Trazadores:</i> Su principal uso es determinar fuentes de recarga y zonas de descarga aunque se utilizan para cuantificar la recarga a través de un balance de masa del trazador.• <i>Aproximaciones de Darcy:</i> Se encuentran valores de cabezas hidráulicas a partir de las ecuaciones de flujo de Richards y Boussinesq y luego se determina la velocidad de filtración. Si se asumen condiciones estables la recarga se determina directamente de la ecuación de Darcy.• <i>Empíricos:</i> Consiste en el desarrollo de ecuaciones empíricas que relacionan la recarga con alguna variable como la precipitación.	
Palabras nuevas: <ul style="list-style-type: none">• Trazadores• Subsuperficial• Lisímetros	
Preguntas de investigación y del conocimiento que propone el autor: <ul style="list-style-type: none">• ¿Cuál es la necesidad de identificar los puntos de recarga de los acuíferos, para darle un uso y protección adecuados?	
Análisis interpretativo por el revisor: El agua subterránea es agua subsuperficial que ocupa vacíos presentes en formaciones geológicas, y constituye una de las fases o etapas del ciclo del agua. La cantidad de agua subterránea almacenada en las formaciones geológicas y la facilidad con la cual puede extraerse depende de dos factores físicos: la porosidad y la permeabilidad. La recarga de un acuífero se da naturalmente por medio de la precipitación, aguas superficiales, es decir, a través de ríos y lagos, o por medio de transferencias desde otras unidades hidrogeológicas o acuíferos; pero también puede darse de manera artificial producto de actividades como la irrigación, fugas de redes de abastecimiento o por infiltraciones de embalses y depósitos. El agua subterránea es la mayor fuente de agua dulce disponible, por lo cual más de la mitad de la población mundial la utiliza para su consumo, es utilizada en regiones áridas y en islas, debido a la escasez de fuentes superficiales, pero debido al alto costo de los sistemas de abastecimiento de agua superficial, en los países de clima húmedo se ha comenzado a implementar también este recurso.	
Referencias de interés que cita el autor: <ul style="list-style-type: none">• Evaluación de la modificación de la recarga por cambios en la cobertura vegetal.• Medida de la recarga por la lluvia: métodos instrumentales en parcelas y de trazadores.• Métodos de evaluación de la recarga por la lluvia por balance de agua: utilización, calibración y errores.• Estudio de diferentes métodos para estimar la recarga en acuíferos.	

Anexo 18. Ficha Bibliográfica 18.

Fecha de lectura: Septiembre de 2016	Numero consecutivo de revisión: 18
Título: Elaboración del modelo hidrogeológico para los acuíferos de santa fe de Bogotá, D.C. informe final.	
Autor(es): Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente DAMA	
Fuente bibliográfica: Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente DAMA. (2000/08). Elaboración del modelo hidrogeológico para los acuíferos de santa fe de Bogotá, D.C. informe final. Recuperado de http://oab2.ambientebogota.gov.co/es/documentacion-e-investigaciones/resultado-busqueda/elaboracion-del-modelo-hidrogeologico-para-los-acuiferos-de-santa-fe-de-bogota-d-c-2	
Conceptos, contextos y aspectos metodológicos que propone el texto: Cuenta como con una herramienta operacional de análisis para los acuíferos de Santa Fe de Bogotá, que permita dar un manejo eficiente a los recursos hídricos subterráneos. El modelo hidrogeológico tiene dos aplicaciones fundamentales: <ul style="list-style-type: none">• ayuda a entender y cuantificar la ocurrencia y distribución del agua subterránea• utilizar el modelo como una herramienta de manejo. El manejo del sistema de acuíferos implica tomar decisiones que modifican el estado del sistema. Por ejemplo la localización de nuevos pozos (nuevas concesiones), sus caudales, restringir el bombeo de otros, desarrollar zonas de recarga, etc. El modelo desarrollado permite modificar el sistema de un estado a otro mediante la elaboración de escenarios simulados resultado de las decisiones tomadas; es decir, alguna decisión por absurda que sea, puede modelarse obteniendo como resultado un escenario simulado que puede resultar factible o no. Finalmente el análisis de los escenarios simulados ayuda a la toma de decisiones como autorizar o negar una concesión, implementar o abandonar alguna política específica de uso de agua subterránea.	
Palabras nuevas: No aplica	
Preguntas de investigación y del conocimiento que propone el autor: <ul style="list-style-type: none">• ¿Cómo por medio de la estructuración y realización de un modelo hidrogeológico conceptual para el área de santa fe de Bogotá, se pueden determinar las características y estado actual del acuífero?	
Análisis interpretativo por el revisor: Determinar por medio de la elaboración del Modelo Hidrogeológico Conceptual y Numérico de los Acuíferos de Santa fe de Bogotá. Por medio de información como: hidrología, identificación de parámetros hidrogeológicos, elaboración del mapa hidrogeológico, análisis de sensibilidad del modelo hidrogeológico conceptual, entre otros. Con el fin de determinar las características fisicoquímicas, del acuífero, y por medio de esta información proporcionar la formulación de planes de acción para un adecuado manejo del acuífero.	
Referencias de interés que cita el autor: <ul style="list-style-type: none">• Estudios de Recursos de Agua Subterránea en la Sabana de Bogotá• Determinación del Riesgo de Contaminación de Aguas Subterráneas• Aprovechamiento de Aguas subterráneas en la Sabana de Bogotá	

Anexo 19. Ficha Bibliográfica 19.

Fecha de lectura: Septiembre de 2016	Numero consecutivo de revisión: 19
Título: Identificación de fuente y zonas de recarga a un sistema acuífero a partir de isótopos estables del agua. Caso de estudio Bajo Cauca Antioqueño	
Autor(es): Paola Andrea Palacio B. y Teresita Betancur V.	
Fuente bibliográfica: Palacio, P. A. y Betancur, T. (2008). Identificación de fuente y zonas de recarga a un sistema acuífero a partir de isótopos estables del agua. Caso de estudio Bajo Cauca Antioqueño. <i>Gestión y Ambiente</i> , 10 (1) ,167-182. Recuperado de http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/1388	
Conceptos, contextos y aspectos metodológicos que propone el texto: A pesar de que la subregión del Bajo Cauca antioqueño cuenta con importantes fuentes de agua superficial como lo son los ríos Cauca, Man, Nechí y Cacerí, la calidad del agua que transporta cada una de estas corrientes se encuentra deteriorada por consecuencia un mal manejo que el hombre le ha dado a los recursos naturales, situación que ha llevado a que las aguas subterráneas sean la principal fuente de abastecimiento de agua en la región. Creando la necesidad de generar la implementación de planes de acción para la sostenibilidad de este recurso hídrico; siendo parte fundamental el estudio e identificación de las zonas de recarga. La recarga se define como el proceso por el cual un acuífero se abastece de agua procedente del entorno que lo limita; dicha agua puede provenir de la infiltración de agua lluvia, de corrientes superficiales o de unidades hidrogeológicas adyacentes, también la acción del hombre puede intencionalmente o no ocasionar recarga artificial.	
Palabras nuevas: <ul style="list-style-type: none">• Tritio• Deuterio	
Preguntas de investigación y del conocimiento que propone el autor: <ul style="list-style-type: none">• ¿Cómo se pueden identificar las zonas de recarga del acuífero ubicado en el Bajo Cauca antioqueño, por medio de los isótopos del agua?	
Análisis interpretativo por el revisor: La sostenibilidad del recurso hídrico subterráneo depende de varios factores relacionados con el conocimiento del sistema acuífero, el uso del suelo, la protección de captaciones, la regulación de los caudales de explotación, la identificación de zonas de recarga y la evaluación de esta. La hidrología isotópica y la hidrogeoquímica constituyen técnicas auxiliares avanzadas para la validación de modelos hidrogeológicos conceptuales. Los isótopos estables de la molécula de agua constituyen trazadores que permiten identificar fuentes de recarga y trayectoria del recurso dentro del acuífero, en tanto que el tritio permite evaluar tiempo de residencia. En este artículo se presentan los resultados de un estudio mediante el cual se utilizaron los isótopos para determinar fuentes y zonas de recarga al sistema acuífero del Bajo Cauca antioqueño. Determinando que en la región ocurren precipitaciones de origen diferente, a causa del comportamiento de la lluvia y el análisis de isótopos estables y de tritio, la recarga del acuífero se produce de manera directa por el agua precipitada.	
Referencias de interés que cita el autor: <ul style="list-style-type: none">• Estado actual y perspectivas de la investigación hidrogeológica en el Bajo Cauca Antioqueno• Técnicas geoestadísticas en hidrogeología, caso de estudio Bajo Cauca antioqueño.• Identificación de fuentes y zonas de recarga a partir de isótopos estables del agua. (Caso de estudio bajo cauca antioqueño).• Aplicación de técnicas isotópicas para identificar la recarga reciente de acuíferos (casos de Colombia).	

Anexo 20. Ficha Bibliográfica 20.

Fecha de lectura: Septiembre de 2016	Numero consecutivo de revisión: 20
Título: La modelación numérica como herramienta para la exploración hidrogeológica y construcción de modelos conceptuales (Caso de aplicación: Bajo Cauca Antioqueño)	
Autor(es): Teresita Betancur y Carlos Palacio	
Fuente bibliográfica: Betancur, T. y Palacio, C. y (2010). La modelación numérica como herramienta para la exploración hidrogeológica y construcción de modelos conceptuales (Caso de aplicación: Bajo Cauca Antioqueño). <i>Dyna</i> , 76(160) ,39-49. Recuperado de http://www.bdigital.unal.edu.co/17785/2/13465-38971-1-PB.pdf	
Conceptos, contextos y aspectos metodológicos que propone el texto: Los modelos numéricos en hidrogeología ofrecen un camino para avanzar en el entendimiento de sistemas acuíferos. Los modelos numéricos pueden tener carácter exploratorio y así, pueden acompañar la tarea de construcción de un modelo conceptual desde el momento en que se inicia la recolección de información y cada vez que se obtienen nuevos datos o se aplican nuevos análisis para la validación de un sistema hidrogeológico. La modelación numérica propuesta para el sistema acuífero del Bajo Cauca antioqueño, tiene carácter exploratorio, con la información recopilada, fue incorporada la modelación numérica, sustentando el modelo conceptual regional actual. Un modelo numérico implementado con el propósito de ayudar a entender la hidrodinámica del sistema acuífero, debe permitir al momento de alcanzar la calibración en estado estacionario representar y explicar la hidrodinámica del sistema acuífero. Una vez definido este objetivo se procede al diseño e implementación de la modelación numérica; la cual utiliza una amplia gama de alternativas en la variación de los valores de conductividad hidráulica, partiendo de los valores obtenidos a partir de la realización de pruebas hidráulicas y asumiendo datos teóricos de acuerdo a las propiedades texturales del medio. Las magnitudes con las que se logró la calibración variaron en magnitud pero mantuvieron las tendencias de distribución espacial del modelo conceptual.	
Palabras nuevas: No aplica	
Preguntas de investigación y del conocimiento que propone el autor: <ul style="list-style-type: none">• ¿Cómo la modelación numérica se puede utilizar como herramienta exploratoria para la hidrogeología?	
Análisis interpretativo por el revisor: El resultado de la exploración hidrogeológica básica en una zona determinada es un modelo conceptual: una representación gráfica del sistema de flujo de agua subterránea con las características de los parámetros hidráulicos de cada unidad, las posiciones de las superficies freáticas y piezométricas y por lo tanto las condiciones de flujo subterráneo. Hay que señalar que un modelo hidrogeológico contiene numerosas interpretaciones cualitativas y subjetivas y la prueba de su validez solo se logra mediante la aplicación de técnicas de investigación específicas y luego de que se construya un modelo numérico y se comparen los resultados de la simulación con las observaciones de campo. Los modelos numéricos proporcionan una estructura para organizar la información de recolectada en el campo, que ayudan a responder preguntas sobre el funcionamiento de un acuífero, y pueden ayudar a identificar áreas donde se requiere información adicional.	
Referencias de interés que cita el autor: <ul style="list-style-type: none">• Retos de la hidrología subterránea. Ingeniería del agua• Una aproximación al conocimiento de un sistema acuífero tropical. Caso de estudio: Bajo Cauca antioqueño	

Anexo 21. Ficha Bibliográfica 21.

Fecha de lectura: Septiembre de 2016	Numero consecutivo de revisión: 21
Título: Plan de manejo ambiental de acuíferos -PMAA- de la Dirección Territorial Panzenú. Fase I : informe final	
Autor(es): Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia, CORANTIOQUIA.	
Fuente bibliográfica: Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia, CORANTIOQUIA. (2010). Plan de manejo ambiental de acuíferos -PMAA- de la Dirección Territorial Panzenú. Fase I: informe final. Recuperado de http://www.corantioquia.gov.co/sitios/ExtranetCorantioquia/SiteAssets/Images/MenuSuperiorArchivos/1plan_manejo_ambiental_acuiferos.pdf	
Conceptos, contextos y aspectos metodológicos que propone el texto: CORANTIOQUIA a partir de los resultados de exploraciones hidrogeológicas previas realizadas en la región del Bajo Cauca, ha establecido que este recurso además de ser estratégico, es de alta demanda, abasteciendo las necesidades de gran parte de la población para su consumo doméstico y para el desarrollo de las actividades económicas de la región. Constituyendo las aguas subterráneas una de las principales fuentes de abastecimiento de agua, las condiciones del acuífero y el uso del suelo imprimen condiciones significativas de alta vulnerabilidad y riesgo a la contaminación. Recogiendo los resultados de los estudios orientados a buscar un mejor conocimiento y un mayor entendimiento de la dinámica hidrología de las aguas subterráneas en el Bajo Cauca antioqueño, en la región cubierta por la jurisdicción de la Dirección Territorial Panzenú de la Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia -CORANTIOQUIA-, planteada por una demanda que a nivel de país esta consignada entre otros documentos en La Política para la Gestión Integral del Recurso Hídrico. Esta Política constituye una directriz, la cual se acogen y se rigen, entre las entidades del Sistema Nacional Ambiental, las Corporaciones Autónomas Regionales. Es así como CORANTIOQUIA ejecuta actualmente el Plan de Acción 2007-2011, que establece, entre las metas, para el proyecto corporativo: “GESTIÓN SOSTENIBLE DEL RECURSO HÍDRICO”, en su actividad “PLANIFICACIÓN DE UNIDADES HIDROLÓGICAS”, la formulación o actualización de instrumentos de planificación hídrica para la jurisdicción, entre los que se encuentran los Planes de Manejo de Aguas Subterráneas. Según lo expuesto, el territorio de Panzenú es de alta prioridad para llevar a cabo esta actividad.	
Palabras nuevas: No aplica	
Preguntas de investigación y del conocimiento que propone el autor: <ul style="list-style-type: none">• ¿Cuál es la importancia de la ejecución de un plan de manejo ambiental de acuíferos, para las comunidades que se abastecen de este recurso?	
Análisis interpretativo por el revisor: La Política para la Gestión Integral del Recurso Hídrico, surge como la culminación de una serie de iniciativas por parte del Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial -MAVDT-, por establecer directrices unificadas para el manejo del agua en el país, que además de apuntar a resolver la actual problemática del recurso hídrico, permitan hacer uso eficiente del recurso y preservarlo como una riqueza natural para el bienestar de las generaciones futuras de Colombia. De acuerdo con lo anterior la Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia -CORANTIOQUIA-, en colaboración con la de la facultada de Ingeniería de la Universidad de Antioquia, se comienza la elaboración de un plan de manejo ambiental para el acuífero ubicado en el Bajo Cauca antioqueño, con el fin de definir los instrumentos de planificación que desde el Plan apunten a lograr la sostenibilidad del recurso subterráneo.	
Referencias de interés que cita el autor: <ul style="list-style-type: none">• Constitución política de Colombia. Título I, Capítulo III, los Derechos Colectivos y del Ambiente.• estado actual y perspectiva de la investigación hidrogeológica en el bajo Cauca antioqueño, Boletín de Ciencias de la Tierra No. 17• Lineamientos y fases para la ordenación de cuencas hidrográficas.	

Anexo 22. Ficha Bibliográfica 22.

Fecha de lectura: Septiembre de 2016	Numero consecutivo de revisión: 22
Título: Determinación de los conceptos técnico operativos para el Plan de Manejo de Aguas Subterráneas de la Isla de San Andrés	
Autor(es): Jaime Andrés Carmona Ramírez .	
Fuente bibliográfica: Carmona, J. A. (2011). Determinación de los conceptos técnico operativos para el Plan de Manejo de Aguas Subterráneas de la Isla de San Andrés (Tesis Magister de Ingeniería). Universidad Nacional de Colombia – Medellín. Recuperado de http://www.bdigital.unal.edu.co/3747/1/98772859_2011.pdf	
Conceptos, contextos y aspectos metodológicos que propone el texto: Se muestra el resultado final del estudio 'Modelación del acuífero de San Andrés bajo escenarios de cambio climático'. En dicho estudio se realizó: el análisis de los diferentes modelos numéricos y conceptuales desarrollados para la isla de San Andrés, la implementación de un modelo numérico en el software de diferencias finitas, la evaluación del comportamiento del acuífero ante escenarios de cambio climático, el análisis hidrológico de series de precipitación, temperatura y vientos, la evaluación de la demanda hídrica y la exploración de alternativas paralelas de abastecimiento. Se muestran resultados del estudio y presenta nuevos análisis relacionados con: la adaptación de un modelo conceptual de tanques para la simulación de niveles piezométricos, la búsqueda de señales de cambio climático en series de precipitación y temperatura y la evaluación de la vulnerabilidad intrínseca del acuífero.	
Palabras nuevas: <ul style="list-style-type: none">• Geociencias• Kárstico	
Preguntas de investigación y del conocimiento que propone el autor: <ul style="list-style-type: none">• ¿Por qué un plan de manejo de aguas subterráneas, es importante ser desarrollado?	
Análisis interpretativo por el revisor: Está enfocado al estudio y modelación del acuífero kárstico de la isla de San Andrés, con el fin de cuantificar el potencial hidrogeológico del mismo, de manera que sirva como soporte técnico para el manejo y gestión de las aguas subterráneas de la isla. Los resultados más relevantes muestran la modelación numérica de un medio discontinuo en un software de diferencias finitas diseñado para medios homogéneos e isotrópicos, la caracterización de la hidrología de la isla, la cuantificación de la recarga y la modelación de escenarios de explotación y cambio climático. Muestra que ha sido posible constatar que el aumento de las tasas de bombeo así como cambios drásticos en la climatología establece una amenaza latente para el sistema de aguas de subterráneas de la isla.	
Referencias de interés que cita el autor: <ul style="list-style-type: none">• Aprovechamiento del depósito de agua subterránea dulce en la isla de San Andrés• Compilación Hidrogeológica de Las Islas de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Colombia, Anexo1, Mapa hidrogeológico de las islas de San Andrés, Providencia y Santa Catalina• Instituto de Investigaciones en Geociencias, Minería y Química, Caracterización y modelación del régimen de las aguas subterráneas• Instituto de Investigaciones en Geociencias, Minería y Química, Programa de exploración de aguas subterráneas• Método simplificado de gestión de acuíferos para su integración en sistemas de explotación conjunta, IV Asamblea General de Geodesia y Geofísica Zaragoza• Hidráulica de las Aguas Subterráneas, Universidad Nacional de Colombia	

Anexo 23. Ficha Bibliográfica 23.

Fecha de lectura: Septiembre de 2016	Numero consecutivo de revisión: 23
Título: INFORME FINAL DEL PROYECTO “CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO HIDROGEOLOGÍCO CONCEPTUAL DEL ACUÍFERO DEL RÍO RISARALDA FASE I”	
Autor(es): Grupo de Investigación en Agua y Saneamiento – GIAS, Universidad Tecnológica De Pereira – UTP. y Paola Alejandra Vásquez Cardona	
Fuente bibliográfica: Grupo de Investigación en Agua y Saneamiento – GIAS, Universidad Tecnológica De Pereira – UTP. (2013). Informe final del proyecto “Construcción de un modelo hidrogeológico conceptual del acuífero del Río Risaralda Fase I”. Recuperado de http://www.corpocaldas.gov.co/publicaciones/1446/2014/Belalcazar/INFORME%20CONTRATO%20242%20UTP-2.pdf	
Conceptos, contextos y aspectos metodológicos que propone el texto: La Corporación Autónoma Regional de Caldas CORPOCALDAS, ha avanzado significativamente en el conocimiento de las fuentes hídricas subterráneas de los acuíferos Santágueda – Kilómetro 41 y río Grande de La Magdalena, con el objeto de esbozar un modelo hidrológico y de esta forma construir el Plan de Manejo Ambiental que permita gestionar eficientemente el recurso en estas zonas estratégicas de Caldas. Sin embargo en relación con el acuífero de río Risaralda es necesario iniciar los estudios debido a que se desconoce su naturaleza, comportamiento, distribución, cantidad y calidad; no obstante se tiene conocimiento por otros estudios desarrollados del aprovechamiento del agua subterránea mediante pozos y aljibes especialmente en la cuenca baja del río Risaralda en jurisdicción de los municipios de Viterbo, San José, Belalcázar	
Palabras nuevas: No aplica	
Preguntas de investigación y del conocimiento que propone el autor: <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuál es el estado actual del acuífero del Río Risaralda? 	
Análisis interpretativo por el revisor: El informe tiene como objetivo realizar el inventario de puntos de agua subterránea incorporando análisis de calidad y geofísica. Acuífero de la cuenca baja del Río Risaralda Jurisdicción del departamento de Caldas, y con ellos ejecutar el inventario de puntos de agua subterránea (pozos y aljibes) en el acuífero de la cuenca baja del Río Risaralda, analizar la calidad del agua subterránea del acuífero de la cuenca baja del río Risaralda y determinar la geofísica del acuífero de la cuenca baja del Río Risaralda. Con los resultados encontrados durante la realización del proyecto, se encontró que es necesario emprender campañas de educación ambiental orientadas al manejo adecuado del recurso hídrico subterráneo, de manera prioritaria en sectores donde las condiciones sanitarias de los aljibes alertan sobre una contaminación generalizada porque existe un desconocimiento por parte de la comunidad de las formas de contaminación del acuífero y los mecanismos para prevenirlos.	
Referencias de interés que cita el autor: <ul style="list-style-type: none"> • Manual de Agua Subterránea • Estudio de vulnerabilidad a la contaminación de Acuíferos Método GOD 	

Anexo 24. Ficha Bibliográfica 24.

Fecha de lectura: Septiembre de 2016	Numero consecutivo de revisión: 24
Título: Estudio nacional del agua	
Autor(es): Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios ambientales, IDEAM	
Fuente bibliográfica: IDEAM, Estudio Nacional del Agua 2014. Bogotá, D. C., 2015. 496 páginas. Recuperado de http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023080/ENA_2014.pdf	
Conceptos, contextos y aspectos metodológicos que propone el texto: El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) entrega al país este documento misional que de manera periódica da cuenta del estado y dinámica del agua y los recursos hídricos en Colombia. Refleja en su contenido la integración de los diferentes componentes que conforman la base de información y conocimiento del ciclo hidrológico en sus dimensiones tanto de régimen natural como de régimen intervenido que se expresa en presiones por uso y afectaciones por actividades antrópicas. Los resultados del estudio se presentan por unidades hidrográficas definidas en el documento Zonificación y codificación hidrográfica e hidrogeológica de Colombia. En este sentido, se generan productos espaciales y alfanuméricos para las 5 áreas hidrográficas, 41 zonas y 316 subzonas. En el componente hidrogeológico los resultados se presentan por sistemas acuíferos. En el capítulo 3, referido a las aguas subterráneas, se avanza en la síntesis del conocimiento sobre los sistemas acuíferos de Colombia que se inició con el ENA 2010 y la obra "Las aguas subterráneas en Colombia: una visión general, publicada por el IDEAM en 2013". Se identifican 61 sistemas acuíferos con base en anteriores publicaciones del IDEAM y una juiciosa revisión de los avances del Servicio Geológico Colombiano. Por primera vez se entrega un consolidado de la información disponible del inventarios de puntos de agua (pozos, aljibes y manantiales), el estado de avance del conocimiento hidrogeológico en las diferentes regiones del país y la función de las aguas subterráneas frente a los escenarios hidrológicos de presiones, afectaciones y vulnerabilidades para dar luces sobre las posibilidades de uso conjunto agua superficial-agua subterránea.	
Palabras nuevas: No aplica	
Preguntas de investigación y del conocimiento que propone el autor:	
Análisis interpretativo por el revisor: Los avances presentados en esta versión del Estudio Nacional del Agua son notables para entender la interdependencia del agua con la biodiversidad, el suelo, el subsuelo y la atmósfera. Se profundiza en el conocimiento sobre el comportamiento del ciclo hidrológico en el territorio del país, de sus cuencas hidrográficas, cuerpos de agua y aguas subterráneas. Hace comprensible, entre otros aspectos, su dinámica, condiciones de ocurrencia y distribución, características de calidad y uso, para evidenciar la complejidad del asunto y la necesidad de asumirlo de manera interdisciplinaria con rigor en el método, cuidado, finura y bases científicas sólidas. También señala escenarios que deben considerarse necesariamente para la planeación y el desarrollo económico y social del país. Del estudio se deduce la importancia de continuar el trabajo en muchos frentes de conocimiento del agua, de su uso, deterioro y conservación. Este trabajo explicita con claridad la complejidad del objeto de estudio (el agua) en sus múltiples dimensiones y profundiza en el conocimiento de su uso y de la intervención humana sobre el ciclo hidrológico, sus impactos y efectos, las repercusiones sobre el mismo y es base para responder a la necesidad urgente de que el país continúe avanzando desde la retórica de las Instituciones y la formulación de la política a la acción eficaz y efectiva.	
Referencias de interés que cita el autor: <ul style="list-style-type: none">• Las aguas subterráneas en Colombia• ENA 2010• Políticas y gestión del agua subterránea en Colombia. II Congreso Colombiano de Hidrogeología• Datos de inventario de puntos de agua subterránea - ENA 2014	

Anexo 25. Ficha Bibliográfica 25.

Fecha de lectura: Septiembre de 2016	Numero consecutivo de revisión: 25
Título: Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico	
Autor(es): MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL.	
Fuente bibliográfica: Colombia. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico. Bogotá, D.C.: Colombia, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010. Recuperado de: http://faolex.fao.org/docs/pdf/col146504.pdf	
Conceptos, contextos y aspectos metodológicos que propone el texto: <p>La política para la GIRH y estará orientado a un desarrollo especial para los sectores productivos definiendo los instrumentos para regular la oferta y la demanda del recurso hídrico para garantizar el uso sostenible del agua y contribuir a la calidad de vida de la población y al desarrollo armónico de las actividades.</p> <p>Por último, se destaca que el presente documento está estructurado inicialmente con una identificación de los antecedentes normativos, de política y el marco institucional, posteriormente contiene un diagnóstico general del estado del recurso hídrico y de la gestión del agua en Colombia. Finalmente, presenta la visión, los principios, los objetivos, las estrategias, líneas de acción y metas generales para la gestión integral del recurso hídrico en Colombia.</p> <p>Aguas subterráneas: La mayor parte de los recursos hídricos utilizables en el planeta, se encuentran en el subsuelo y Colombia presenta similares condiciones con un gran potencial de aguas subterráneas; INGEOMINAS resalta en el Mapa Hidrogeológico de Colombia (1986) y en el Atlas Hidrogeológico (2004), que aproximadamente el 75% del territorio, cuenta con zonas favorables para el almacenamiento de agua subterránea, especialmente en formaciones sedimentarias de edades Cuaternaria, Terciaria y Cretácica, la misma institución calcula a manera de pronóstico que las zonas con mayor potencial abarcan alrededor de un 36% del área del país (415.000 Km²).</p> <p>Según menciona INGEOMINAS, (Consideraciones sobre las aguas subterráneas en Colombia y sus posibilidades de explotación, 1997), solo se han realizado estudios relacionados con este componente en alrededor de 5% del área total del territorio, pero esta cifra puede aumentar alrededor de un 10%, (Programa de Exploración de Agua Subterránea-PEXAS). Estos estudios cubren especialmente las zonas con escasa oferta hídrica superficial, fundamentalmente la Costa Atlántica; también existen estudios regionales en la Sabana de Bogotá, Valle del Cauca, Norte de Santander, Tolima y Huila, igualmente algunas de las autoridades ambientales han realizado investigaciones en las áreas de su jurisdicción.</p>	
Palabras nuevas: No aplica	
Preguntas de investigación y del conocimiento que propone el autor:	
Análisis interpretativo por el revisor: <p>El presente documento contiene la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (PNGIRH) que establece los objetivos, estrategias, metas, indicadores y líneas de acción estratégica para el manejo del recurso hídrico en el país, en un horizonte de 12 años.</p> <p>La Política para la Gestión Integral del Recurso Hídrico surge como la culminación de una serie de iniciativas de parte del Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial – MAVDT, por establecer directrices unificadas para el manejo agua en el país, que además de apuntar a resolver la actual problemática del recurso hídrico, permitan hacer uso eficiente del recurso y preservarlo como una riqueza natural para el bienestar de las generaciones futuras de Colombianos.</p> <p>Al tocar el tema del agua subterránea lo que pretende es complementar el inventario y la evaluación nacional del recurso hídrico superficial y subterráneo, como herramienta para fijar las prioridades que permitan orientar eficientemente los recursos disponibles para el cumplimiento de los objetivos anteriores. La oferta de agua subterránea en las áreas más promisorias del país, estimada a manera de pronóstico es de 10,5 Km³/año de recursos dinámicos y de 140868 Km³, de reservas pasivas (INGEOMINAS, 1997). Para un área cubierta de 400000 Km², INGEOMINAS, 2007, estima 4,3 Km³/año de recursos dinámicos y 3118 Km³ de reservas pasivas.</p>	
Referencias de interés que cita el autor:	
<ul style="list-style-type: none"> • Cuantificación Regional del Agua Subterránea en Colombia. Tesis de Grado 	

- Programa de Exploración de Agua Subterránea- PEXAS.

Anexo 26. Ficha Bibliográfica 26.

Fecha de lectura: Septiembre de 2016	Numero consecutivo de revisión: 26
Título: Gestión Integral del Agua Subterránea en el departamento de Caldas	
Autor(es): Corporación Autónoma Regional de Caldas Subdirección de Evaluación y Seguimiento Ambiental	
Fuente bibliográfica: Gestión Integral del Agua Subterránea en el departamento de Caldas. (2014), Manizales, Caldas: Corporación Autónoma Regional de Caldas Subdirección de Evaluación y Seguimiento Ambiental	
Conceptos, contextos y aspectos metodológicos que propone el texto: El agua subterránea es la parte del agua del ciclo hidrológico de la tierra que se infiltra por el subsuelo hasta llegar a formaciones geológicas permeables (llamados acuíferos) donde se almacena y circula, representando cerca del 30% del total de agua aprovechable y aproximadamente la tercera parte de la población mundial se abastece exclusivamente de este recurso. En Colombia, y en particular en Caldas, el agua superficial es la principal fuente de abastecimiento. Sin embargo, en algunas zonas remotas y rurales del departamento; este recurso es esencial para el consumo y desarrollo de actividades económicas. Dada la importancia estratégica del recurso hídrico subterráneo, su protección, tanto en cantidad como en calidad, es fundamental para asegurar su sostenibilidad, la de los ecosistemas asociados y de los asentamientos que dependen de este recurso.	
Palabras nuevas: No aplica	
Preguntas de investigación y del conocimiento que propone el autor: Análisis interpretativo por el revisor: Dentro de las funciones que ejerce la Corporación Autónoma Regional de Caldas - CORPOCALDAS- en su área de jurisdicción está la de promover y desarrollar programas de protección ambiental, de desarrollo sostenible y de manejo adecuado de los recursos naturales renovables. De acuerdo a lo anterior, CORPOCALDAS ha elaborado esta cartilla como instrumento para dar a conocer la importancia del agua subterránea y de su gestión integral, informar sobre las herramientas para la protección de las aguas subterráneas, y dar a conocer la utilización de estas herramientas en los diseños de los planes de ordenamiento territorial.	
Referencias de interés que cita el autor: No aplica	

Anexo 27. Ficha Bibliográfica 27.

Fecha de lectura: Septiembre de 2016	Numero consecutivo de revisión: 27
Título: Guía Metodológica para la Formulación de Planes de Manejo Ambiental de Acuíferos	
Autor(es): Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	
Fuente bibliográfica: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, (2014), Guía Metodológica para la Formulación de Planes de Manejo Ambiental de Acuíferos, Bogotá DC, Colombia	
<p>Conceptos, contextos y aspectos metodológicos que propone el texto:</p> <p>Muestra el nuevo enfoque de gestión del recurso hídrico, buscando armonizar las intenciones de desarrollo con las dinámicas del sistema natural. La Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico, establece directrices unificadas para el manejo del agua en el país, que además de apuntar a resolver la actual problemática del recurso hídrico, buscan promover el uso eficiente del recurso, y preservarlo como una riqueza natural para el bienestar de las generaciones presentes y futuras de Colombianos, mediante el cumplimiento de los objetivos, estrategias, metas, indicadores y líneas de acción estratégica.</p> <p>El proceso de formulación de la Política, permitió además evidenciar un escaso conocimiento y baja preparación técnica y profesional en torno a las aguas subterráneas en el país, así como un bajo nivel de administración y planificación de dicho recurso hídrico</p> <p>Con el contexto expuesto, y en cumplimiento del Decreto 1640 de 2012, mediante el cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos. La guía aborda en primera instancia los antecedentes, el marco conceptual y normativo en torno a la gestión de los recursos hídricos subterráneos, y posteriormente desarrolla cada una de las fases del plan de manejo ambiental de acuíferos, en adelante nombrado con la sigla: PMAA, resaltando el objetivo, alcance e información necesaria para adelantar cada fase, y propuestas metodológicas en los casos en que aplica.</p> <p>Esta guía, tiene como propósito principal establecer los criterios técnicos, procedimientos y metodologías, que orienten a las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible y de los grandes centros poblados, en el proceso de formulación e implementación de los planes de manejo ambiental de acuíferos (PMAA). Se proponen orientaciones generales para el desarrollo de las diferentes fases del PMAA, en los siguientes aspectos: Identificación de la capacidad institucional, técnica y logística para la adecuada gestión de los recursos hídricos. Reconocimiento de actores claves para la formulación e implementación del PMAA. Construcción del modelo hidrogeológico conceptual. Identificación de las problemáticas asociadas con el uso, aprovechamiento, conservación y preservación del recurso hídrico. Construcción del escenario actual y deseado. Formulación de las medidas de manejo ambiental para la protección y uso sostenible del recurso. Definición de mecanismos de evaluación y seguimiento del PMAA.</p>	
<p>Palabras nuevas:</p> <p>No aplica</p>	
<p>Preguntas de investigación y del conocimiento que propone el autor:</p>	
<p>Análisis interpretativo por el revisor:</p> <p>El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, formuló y adoptó en marzo de 2010, la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico- PNGIRH, dando cumplimiento al Plan Nacional de Desarrollo 2006 - 2010, que incorporó en el capítulo: Una Gestión Ambiental y del Riesgo que Promueva el Desarrollo Sostenible, como una de sus líneas de acción, la denominada: gestión integral del recurso hídrico. Este componente planteaba el reto de garantizar la sostenibilidad del recurso, entendiendo que su gestión se deriva del ciclo hidrológico que vincula una cadena de interrelaciones entre diferentes elementos naturales y antrópicos. Se requería abordar el manejo del agua como una estrategia de carácter nacional desde una perspectiva ambiental e integral que recogiera la diversidad regional y las potencialidades de la participación de actores sociales e institucionales.</p> <p>Con este panorama, las aguas subterráneas adquieren gran importancia como patrimonio natural; más aún si se tiene en cuenta que la mayor parte de los recursos hídricos utilizables en el planeta, se encuentran en el subsuelo y que Colombia presenta condiciones con un gran potencial de aguas subterráneas y que aproximadamente el 75% del territorio, presenta condiciones favorables para el almacenamiento de agua subterránea.</p>	
<p>Referencias de interés que cita el autor:</p>	

- Hidráulica de Aguas Subterráneas, 2ª edición. Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia
- Seminario sobre aplicaciones de los métodos geofísicos en trabajos de ingeniería
- Guía de Modelación del Recurso Hídrico para Aguas Subterráneas

Anexo 28. Ficha Bibliográfica 28

Fecha de lectura: Septiembre de 2016	Numero consecutivo de revisión: 28
Título: Programa Nacional de Aguas Subterráneas -PNASUB	
Autor(es): Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la República de Colombia	
Fuente bibliográfica: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible., (2014), Programa Nacional de Aguas Subterráneas –PNASUB, Bogotá DC, Colombia.	
<p>Conceptos, contextos y aspectos metodológicos que propone el texto:</p> <p>En cumplimiento de sus funciones y de acuerdo con los mandatos del Plan Nacional de Desarrollo 2006-2010, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, expidió en marzo de 2010 la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (PNGIRH).</p> <p>En el diagnóstico realizado sobre el estado de las aguas subterráneas para la formulación de la PNGIRH, se pudo evidenciar que a pesar de ser fuente principal de abastecimiento en algunas regiones del país, en términos generales existen bajos niveles de conocimiento, preparación técnica y académica sobre el tema, así como un escaso trabajo articulado, sinérgico y permanente en los diferentes niveles –nacional, regional y local–, que permita contar con información y soporte institucional suficiente para la planificación y manejo integral de este recurso. En el contexto anterior, surge la necesidad de establecer un “Instrumento Rector” que en el marco de la PNGIRH permita diseñar y promover la implementación de líneas de acción estratégica del nivel nacional y regional que hagan posible la evaluación, administración, manejo y aprovechamiento sostenible del agua subterránea en Colombia, apoyados en modelos de gestión participativa e incluyente y en el continuo fortalecimiento institucional. Con este propósito y como iniciativa del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) y del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) se formuló de manera participativa el Programa Nacional de Aguas Subterráneas (PNASUB).</p>	
<p>Palabras nuevas:</p> <p>No aplica</p>	
<p>Preguntas de investigación y del conocimiento que propone el autor:</p> <p>Análisis interpretativo por el revisor:</p> <p>Desde el año 2012 se inició el proceso participativo con diferentes entidades para la construcción de la estructura general del Programa Nacional de Aguas Subterráneas - PNASUB, conformada por líneas de acción estratégica, metas y actividades, que serán implementados en el mediano y largo plazo establecido en la PNGIRH. Tiene como objetivo diseñar y promover la implementación de estrategias del nivel nacional y regional que garanticen una adecuada evaluación y gestión del agua subterránea en Colombia en el marco de la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico - PNGIRH. Diseñar, promover e implementar estrategias para la ampliación y consolidación del conocimiento hidrogeológico de sistemas acuíferos priorizados y el fomento de la formación permanente a nivel técnico, tecnológico y de posgrado en la temática. Implementar estrategias de fortalecimiento institucional para la adecuada gestión del recurso hídrico subterráneo en términos de recurso humano suficiente, capacitado y con dedicación exclusiva, logística adecuada para labores de evaluación, monitoreo, seguimiento y control, y asignación de recursos eco-nómicos para financiación de proyectos de conocimiento, evaluación, protección y conservación de sistemas acuíferos de importancia nacional y regional</p>	
<p>Referencias de interés que cita el autor:</p> <p>No aplica</p>	

Anexo 29. Ficha Bibliográfica 29.

Fecha de lectura: Septiembre de 2016	Numero consecutivo de revisión: 29
Título: Hidrogeología para la gestión del Recurso Hídrico	
Autor(es): Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	
Fuente bibliográfica: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, (2010), Hidrogeología para la gestión del Recurso Hídrico, Bogotá DC, Colombia.	
Conceptos, contextos y aspectos metodológicos que propone el texto:	
<p>El diagrama ilustra el ciclo de la hidrogeología. Comienza con el 'Acuífero', que se divide en 'Unidades hidrogeológicas'. Para conocerlas se realiza la 'Exploración hidrogeológica', que genera un 'Modelo hidrogeológico conceptual'. Este modelo se valida mediante 'Mapas', 'Cortes' y 'Maquetas', que corresponden a la 'Geometría de las unidades hidrogeológicas'. Las tareas de exploración incluyen: 'Geología (Inventario de puntos de agua, SEV, Correlación)', 'Balance hídrico', 'Nivelación piezométrica', 'Pruebas de bombeo' y 'Monitoreo', cada una con su propio 'Resultado'. El modelo conceptual también se valida mediante 'Recarga', 'Red de flujo', 'Propiedades Hidráulicas' y 'Calidad del Recurso'. Finalmente, el recurso hídrico se debe utilizar para el 'Diseño y construcción' y proteger mediante una 'Guía gestión y manejo'.</p>	
Palabras nuevas: No aplica	
Preguntas de investigación y del conocimiento que propone el autor:	
Análisis interpretativo por el revisor: <p>Los recursos hídricos subterráneos son la reserva más importante de agua potable en el planeta, y si bien en Colombia su utilización data de varias décadas, cada día la presión sobre este recurso aumenta al disminuir la oferta superficial, esta situación exige atención por parte de las entidades ambientales y en consecuencia genera la necesidad de capacitar a técnicos y profesionales de varias disciplinas para que adquieran los conocimientos básicos que les permita tomar decisiones acertadas y científicamente respaldadas.</p> <p>Se aborda el estudio y conocimiento de los métodos de prospección geológica y geofísica, hidráulica de medios porosos, hidrogeoquímica, hidrología isotópica, riesgo de contaminación de las aguas subterráneas, gestión y planificación del uso integrado de recursos hídricos superficiales y subterráneos.</p> <p>Con la idea de entregar a los estudiantes un documento escrito que les sea útil para el fortalecimiento de su capacidad técnica, se recogen en este texto un conjunto de artículos concernientes a varios campos del saber objeto del Diplomado. Este libro está organizado en dos secciones la primera de carácter técnico conceptual y la segunda que recoge una serie de casos de estudio.</p>	
Referencias de interés que cita el autor:	
<ul style="list-style-type: none"> Estimación de la recarga en una región colombiana mediante un modelo iterativo 	

Anexo 30. Ficha Bibliográfica 30.

Fecha de lectura: Septiembre de 2016	Numero consecutivo de revisión: 30
Título: DETERMINACIÓN DE LA CARGA CONTAMINANTE DE ORIGEN INDUSTRIAL VERTIDA SOBRE LA QUEBRADA MANIZALES	
Autor(es): Juan Carlos Bastidas Tulcán y Luis Carlos Ramírez Ospina	
Fuente bibliográfica: Bastidas, J.C. & Ramírez, L. C. (2007), Determinación de la Carga Contaminante de Origen Industrial Vertida Sobre la Quebrada Manizales. (Especialistas en Ingeniería Ambiental). Universidad Nacional de Colombia – Manizales	
Conceptos, contextos y aspectos metodológicos que propone el texto: Todos los vertimientos de aguas residuales afectan de algún modo la vida normal de una corriente de agua. Cuando este efecto es suficiente para hacer que la corriente no sea aceptable para ser utilizada en las diferentes actividades realizadas por el hombre, se dice que está contaminada. Los ríos, y en general las corrientes de agua pueden asimilar cierta cantidad de residuos antes de llegar a estar contaminados. En líneas generales, cuanto más caudalosos, rápidos y más aislados estén los cuerpos de agua, más capaces son de tolerar una cantidad mayor de aguas residuales. Durante los últimos 50 años la quebrada Manizales ha recibido los vertimientos domésticos e industriales del sector industrial que se han asentado alrededor de esta importante microcuenca. Esta situación ha generado diferentes conflictos alrededor del recurso, agotando la capacidad de asimilación de los contaminantes vertidos sobre la quebrada Manizales, con niveles de parámetros fisicoquímicos que impiden el uso del recurso para diferentes actividades por parte de los usuarios ubicados aguas abajo, sumándole a esto problemas de generación de olores, molestias a la comunidad aledaña por la presencia de vectores y deteriorando la calidad de vida de la población; siendo importante la determinación de las cargas contaminantes de origen industrial como aporte al conocimiento de la situación actual, a fin de identificar el problema existente como base para el análisis de las posibles soluciones y los problemas que se deben abordar para garantizar el saneamiento y la recuperación de la fuente hídrica en la quebrada Manizales. El presente trabajo pretende suplir esta necesidad de información, actualizando y complementando los datos de calidad existentes, de tal forma que sea útil para el establecimiento de una línea base ambiental de la Quebrada Manizales, como herramienta para la gestión de este importante recurso hídrico.	
Palabras nuevas: No aplica	
Preguntas de investigación y del conocimiento que propone el autor: <ul style="list-style-type: none">• ¿Cuáles con los principales factores y agentes que pueden estar ocasionando un deterioro notable a la quebrada Manizales?	
Análisis interpretativo por el revisor: Este trabajo determina las cargas contaminantes vertidas por el sector industrial sobre la quebrada Manizales, basada en el manejo de información disponible y actualiza el diagnóstico de empresas ubicadas en el sector. El análisis sobre la magnitud de la carga contaminante vertida fue realizado con base en la clasificación por actividad económica de las diferentes empresas y finalmente muestra la proporción del impacto ambiental de los vertimientos industriales en relación con la contaminación de origen doméstico del municipio de Manizales.	
Referencias de interés que cita el autor: <ul style="list-style-type: none">• Estudio de Reglamentación y Ordenación del Recurso Hídrico en la subcuenca del Río Chinchiná.• Estudio de calidad del agua de la cuenca hidrográfica del Río Chinchiná y Quebrada Llano Grande.	

Anexo 31. Ficha Bibliográfica 31.

Fecha de lectura: Septiembre de 2016	Numero consecutivo de revisión: 31
Título: Estudio geoelectrico de las formaciones superficiales de Manizales	
Autor(es): Elkin A. Casas P., Ramón Hernández C., Cesar A. Montoya A. y Luis G. Trujillo J.	
Fuente bibliográfica: Casas, E. A., Hernández, R., Montoya, C. A. & Trujillo, L. G. (2000). Estudio geoelectrico de las formaciones superficiales de Manizales. (Tesis de pregrado), Universidad de Caldas- Manizales.	
Conceptos, contextos y aspectos metodológicos que propone el texto: Se realizó un estudio geoelectrico de las formaciones superficiales para la ciudad de Manizales utilizando el método geofísico de los sondeos eléctricos verticales (SEV), e información geológica del área. La importancia del estudio radica en el interés que existe por encontrar agua subterránea de buena calidad para consumo humano, agrícola o industrial. Este documento tiene como objetivo, elaborar un estudio geoelectrico tomando como base para la realización una aproximación preliminar de un modelo hidrogeológico conceptual de las formaciones superficiales en la ciudad de Manizales.	
Palabras nuevas: No aplica	
Preguntas de investigación y del conocimiento que propone el autor: <ul style="list-style-type: none">• ¿Cómo está conformado el municipio de Manizales, respecto a las formaciones superficiales que pueden albergar agua subterránea?	
Análisis interpretativo por el revisor: Determinar por medio de la geoelectrica el área de estudio que superficialmente abarca los diferentes tipos de formaciones geológicas en el municipio de Manizales, determinando por medio de las características de los terrenos estudiados las posibles zonas de la ciudad que se pueden encontrar formaciones de acuíferos.	
Referencias de interés que cita el autor: No aplica	

Anexo 32. Ficha Bibliográfica 32.

Fecha de lectura: Septiembre de 2016	Numero consecutivo de revisión: 32
Título: Aguas Subterránea: un recurso estratégico para el abastecimiento presente y futuro.	
Autor(es): Diego Paredes Cuervo y Derly del Socorro Zuleta Lemus	
Fuente bibliográfica: Aguas Subterránea: un recurso estratégico para el abastecimiento presente y futuro. (2015), Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Ciencias Ambientales- Grupo de investigación-GIAS.	
Conceptos, contextos y aspectos metodológicos que propone el texto: En el departamento de Caldas, el recurso superficial ha sido por excelencia la fuente principal para el abastecimiento, sin embargo se conoce que algunos municipios como Pensilvania, Viterbo, la Dorada, Anserma, San José y Belalcazar existe aprovechamiento de aguas subterráneas para diferentes usos, principalmente abastecimiento humano. La Corporación Autónoma Regional de Caldas -CORPOCALDAS- ha desarrollado actividades respecto al conocimiento del potencial del recuero subterráneo en diferentes cuencas y en convenio con la Universidad Tecnológica de Pereira, conocer el potencial de la cuenca del Rio Risaralda y visibilizar su importancia involucrando actividades de capacitación y sensibilización con los actores sociales que hacen uso y aprovechamiento del recurso y con las entidades territoriales.	
Palabras nuevas: No aplica	
Preguntas de investigación y del conocimiento que propone el autor:	
Análisis interpretativo por el revisor: El agua subterránea sin llegar a ser la principal fuente de abastecimiento, posee gran importancia porque contribuye al desarrollo de actividades productivas y de consumo, representando un recurso estratégico n el mediano y largo plazo, además es estratégico porque puede ser la fuente alternativa de suministro para mitigar la escasez del recurso superficial para enfrentar los efectos de variabilidad climática. La cartilla es una herramienta de consulta que busca despertar el interés por un recurso de gran valor, pero poco conocido.	
Referencias de interés que cita el autor: <ul style="list-style-type: none">• Manual de aguas subterráneas• Las aguas subterráneas en el desarrollo urbano, evaluación de las necesidades de gestión y formulación de estrategias.	

Anexo 33. Ficha Bibliográfica 33.

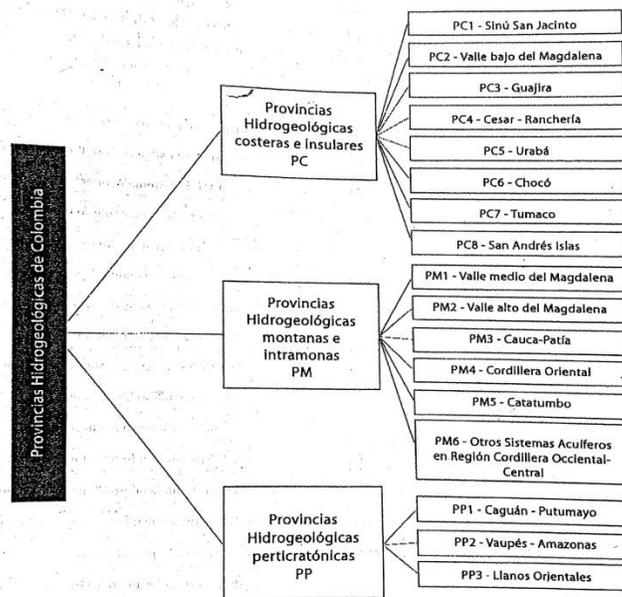
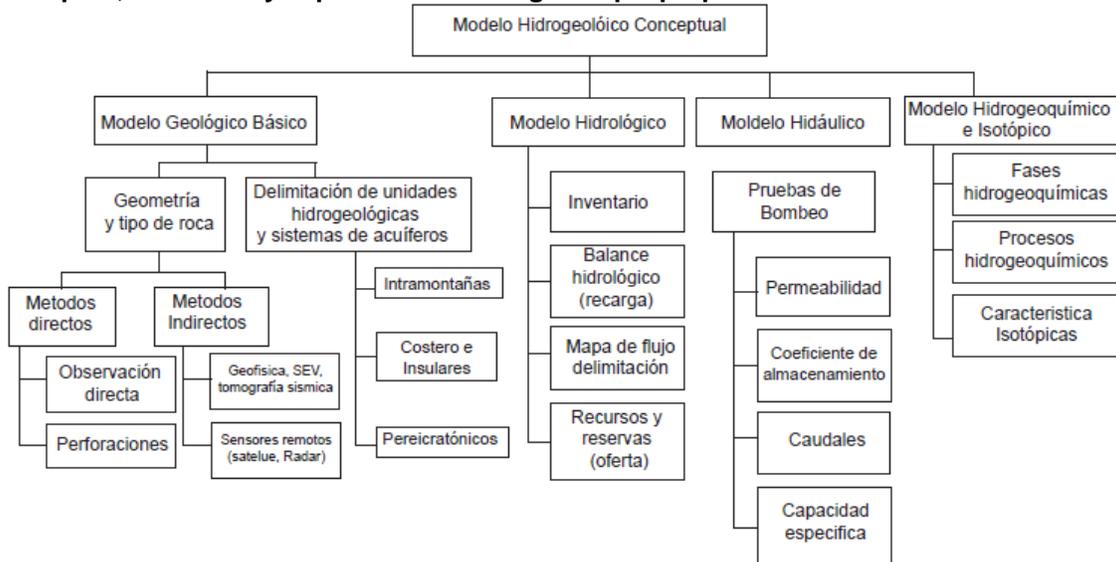
Fecha de lectura: Septiembre de 2016 **Numero consecutivo de revisión:** 33

Título: Aguas subterráneas en Colombia: una visión general

Autor(es): Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM

Fuente bibliográfica: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, (2013), Aguas subterráneas en Colombia: una visión general. Bogotá DC, Colombia.

Conceptos, contextos y aspectos metodológicos que propone el texto:

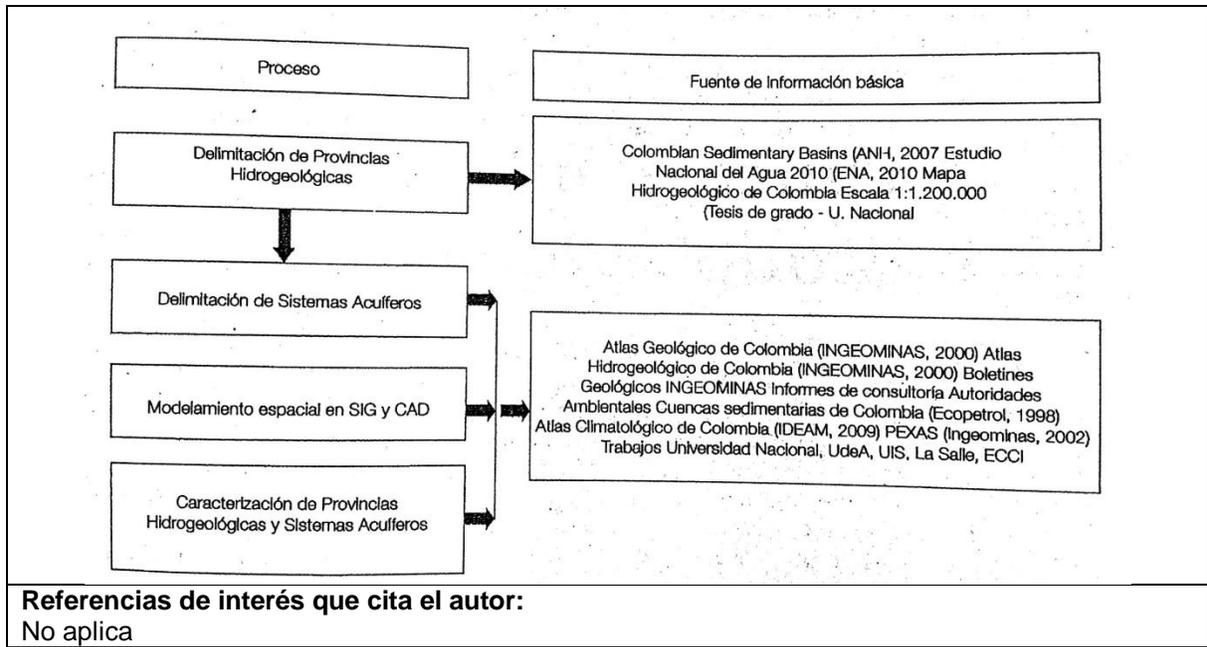


Palabras nuevas:

No aplica

Preguntas de investigación y del conocimiento que propone el autor:

Análisis interpretativo por el revisor:



Anexo 34. Ficha Bibliográfica 34.

Fecha de lectura: Septiembre de 2016	Numero consecutivo de revisión: 34
Título: ZONIFICACIÓN Y CODIFICACION DE UNIDADES HIDROGRÁFICAS E HIDROGEOLOGÍCAS DE COLOMBIA	
Autor(es): IDEAM	
Fuente bibliográfica: IDEAM, zonificación y codificación de unidades hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia, Bogotá, D. C., Colombia. Publicación aprobada por el Comité de Comunicaciones y Publicaciones del IDEAM, noviembre de 2013, Bogotá, D. C., Colombia	
Conceptos, contextos y aspectos metodológicos que propone el texto: Presenta la zonificación de unidades hidrográficas y la zonificación de unidades hidrogeológica de Colombia a escala 1:500.000. La zonificación de unidades hidrográficas de Colombia parte de una división mayor en áreas hidrográficas que se asocian a grandes vertientes separando la cuenca Magdalena Cauca de la vertiente Caribe por su importancia política y socioeconómica. Estas a su vez se dividen en unidades de menor jerarquía, zonas y subzonas, que permiten implementar las directrices de gestión y planificación ambiental del territorio. Tiene como base y ajusta las delimitaciones y codificación. Esta versión constituye una cobertura temática que se superpone a la estructuración de la red hidrográfica que produce el IGAC con herramientas de modelamiento espacial para generar la cartografía básica oficial del país, representando la zonificación de unidades hidrogeológicas, que parte del reconocimiento y codificación de unidades de mayor jerarquía denominadas provincias hidrogeológicas, cuya delimitación está determinada por estructuras geológicas mayores que por su génesis y características separan dominios homogéneos que alojan diferentes ambientes hidrogeológicos.	
Palabras nuevas: <ul style="list-style-type: none"> • Pericratónicas • Insulares 	
Preguntas de investigación y del conocimiento que propone el autor:	
Análisis interpretativo por el revisor: La zonificación y la codificación de las cuencas hidrográficas en el país permite conocer la delimitación, distribución y jerarquización de las cuencas del territorio colombiano con el fin de gestionar el recurso hídrico y la aplicación de las políticas y planes de ordenamiento y manejo de cuencas, Facilitando además la integración de variables en el Sistema de Información de Recurso Hídrico (SIRH). Teniendo como función identificar y definir los límites y fronteras para el modelamiento de escenarios de estado y dinámica de los recursos hídricos. Facilitar los estudios y cálculos de la disponibilidad, oferta y demanda del recurso hídrico. Orienta el diseño de la red de monitoreo nacional de la calidad y cantidad de aguas superficiales y subterráneas.	
Referencias de interés que cita el autor: <ul style="list-style-type: none"> • Evaluación de las condiciones de oferta, uso y susceptibilidad a la contaminación de las aguas subterráneas en la región Andina de Colombia. • Elaboración del Estudio Hidrogeológico y Determinación del Potencial Hídrico del Área Correspondiente al Acuífero de Turbaco. • Proyecto de Manejo Integrado y Sostenible de Recursos Hídricos Subterráneos en América Latina • Mapa Hidrogeológico de Colombia. 	

Anexo 35. Ficha Bibliográfica 35.

Fecha de lectura: Septiembre de 2016	Numero consecutivo de revisión: 35
Título: PLAN DE ACCIÓN INTEGRAL-PAI- Microcuenca de la quebrada Manizales	
Autor(es): CORPOCALDAS, Alcaldía de Manizales, Agua de Manizales, Fundación FESCO	
Fuente bibliográfica: CORPOCALDAS, Alcaldía de Manizales, Agua de Manizales, Fundación FESCO, (2010), PLAN DE ACCIÓN INTEGRAL-PAI- Microcuenca de la quebrada Manizales, Manizales, Caldas- Colombia.	
<p>Conceptos, contextos y aspectos metodológicos que propone el texto:</p> <p>Son instrumentos de intervención concertada, concebidos desde el 2008 para atender problemáticas de carácter socioeconómico y ambiental, con los que se busca, en el caso que nos ocupa, facilitar el ordenamiento ambiental de la Microcuenca y darle coherencia a los usos del suelo y resolviendo sus conflictos³. Bajo el slogan “Alianzas para la vida”, los PAI surgen como respuesta de CORPOCALDAS a necesidades sentidas, identificadas por los actores sociales, donde todos se comprometen y le aportan a un proceso interinstitucional coordinado, en asocio con actores estratégicos vinculados al territorio. Este PAI surge de una propuesta elaborada por la Corporación para el Desarrollo de Caldas, en respuesta a la voluntad conjunta de CORPOCALDAS y la CHEC. Es un instrumento de gestión con el que se busca atender las necesidades de la comunidad y la problemática relacionada con las amenazas hidrometeorológicas y la contaminación de los recursos naturales ocasionada por la actividad industrial presente en este sector de Manizales.</p> <p>El Plan concebido desde las dimensiones: desarrollo humano y social, ambiental, económica e institucional, se focalizó en dos proyectos principalmente: Estrategias de producción más limpia para el sector industrial y restauración, recuperación y gestión del riesgo en microcuenca de la quebrada</p>	
<p>Palabras nuevas:</p> <p>No aplica</p>	
<p>Preguntas de investigación y del conocimiento que propone el autor:</p> <p>Análisis interpretativo por el revisor:</p> <p>Por la forma como se han venido realizando las actividades económicas presentes en todo el territorio de la Microcuenca, la presencia de asentamientos de origen informal a lo largo de la Quebrada Manizales y por la pérdida de cobertura vegetal en la parte alta, han conducido a un alto deterioro de la Quebrada y sus afluentes, con ello la generación de fenómenos desastrosos como avenidas torrenciales y a la afectación constante de la población residente por olores y enfermedades asociadas con la mala calidad del agua de la quebrada. Por este motivo y con miras de mitigar el riesgo y frenar a su vez el continuo deterioro de la fuente hídrica, las autoridades ambientales pertinentes decidieron implementar en el año 2010 un Plan de Acción Inmediato (PAI) para solventar los conflictos derivados de las actividades antrópicas presentes en el sector.</p> <p>Para avanzar en esta línea, se construyó este documento que contiene un balance preliminar de las características que presenta el sector en materia social, ambiental, económica y físico territorial, con el cual se busca tener claridad sobre la dimensión de las situaciones presentes, para que sirva de base para realizar las propuestas de desarrollo territorial que se le suministrarán a la Alcaldía para que las tenga en cuenta en el Plan de Ordenamiento Territorial.</p>	
<p>Referencias de interés que cita el autor:</p> <p>No aplica</p>	

Anexo 36. Ficha Bibliográfica 36.

Fecha de lectura: Septiembre de 2016	Numero consecutivo de revisión: 36
Título: DEFINICIÓN DE LOS INDICADORES DE LA LINEA BASE AMBIENTAL DE CALDAS	
Autor(es): Corporación Autónoma Regional de Caldas CORPOCALDAS y Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales Instituto de Estudios Ambientales IDEA	
Fuente bibliográfica: CORPOCALDAS, UNAL Manizales & IDEA, (2014), Definición de los indicadores de la línea base ambiental de Caldas.	
Conceptos, contextos y aspectos metodológicos que propone el texto: El proyecto de estructuración de la línea base ambiental del departamento de Caldas, liderado por CORPOCALDAS, se entiende como la información básica para la caracterización del estado actual en términos de cantidad, disponibilidad y calidad de los recursos naturales y del medio ambiente que permita, como punto de referencia, realizar las comparaciones y el seguimiento de los diferentes momentos de lugar y tiempo. La Línea Base depende de la información regular y permanente que se produzca a través de indicadores ambientales estructurados, definidos y concertados que permitan una estandarización de la información, haciendo posible: Atender y conocer en forma permanente el estado y la condición de los recursos naturales y del medio ambiente. Hacer seguimiento a la gestión ambiental realizada por la Corporación y por otros actores del territorio. Generar conocimiento sobre diferentes aspectos ambientales del territorio. Fortalecer una nueva cultura de la gestión de la información ambiental donde se cuente con personas autónomas, con información precisa y confiable para su óptimo desempeño, procesos integrados que permitan la interacción, colaboración e integración entre las personas y los procesos de la Corporación.	
Palabras nuevas: No aplica	
Preguntas de investigación y del conocimiento que propone el autor:	
Análisis interpretativo por el revisor: Mejora el conocimiento y la gestión de la información ambiental del departamento de Caldas, la Corporación Autónoma Regional de Caldas – CORPOCALDAS, elaboró un plan estratégico para fortalecer los sistemas de información institucionales, que incorpora cuatro ejes estructurantes: un repositorio central de la información, la automatización y sistematización de los procedimientos ambientales, la implementación del sistema de gestión integrado y la conformación de la línea base ambiental del departamento de Caldas	
Referencias de interés que cita el autor: <ul style="list-style-type: none">• Estado de los Recursos Naturales y del Medio Ambiente 2003 – 2004.	

Anexo 37. Ficha Bibliográfica 37.

Fecha de lectura: Septiembre de 2016	Numero consecutivo de revisión: 37
Título: Hidroclimatología del Departamento de Caldas	
Autor(es): Fernando Alfonso González Lozano	
Fuente bibliográfica: Gonzales, F. A., (2012). Hidroclimatología del Departamento de Caldas. Manizales, Colombia: Universidad Nacional de Colombia – Manizales.	
Conceptos, contextos y aspectos metodológicos que propone el texto: Este libro al contextualizar proveer un marco comprensivo y explicativo de los montos de la oferta hídrica y de su variabilidad temporal y espacial. Dejando claro la alta variabilidad temporal y espacial del recurso hídrico en el Departamento. Los meses poseen muy distintas precipitaciones promedios multianuales, las lluvias bajo la fase cálida del fenómeno ENSO(El Niño –Oscilación de Sur) disminuyen, y durante la fase fría conocida como —La Niñall aumentan significativamente. La variabilidad espacial de las lluvias es muy alta y por ende de la escorrentía. Se va de un ecosistema de bosque seco tropical, de características xerófitas a una selva pluvial ecuatorial. Con base en los datos meteorológicos y fluviométricos de una extensa base de datos acopiada por el autor a través de más de quince años de trabajos y análisis climáticos e hidrológicos, se construyeron modelos matemáticos que con el uso de procedimientos del sistema de información geográfica ArcGIS fue posible desplegar sobre el espacio departamental. El método empleado usa la cartografía como elemento de análisis y de presentación de resultados, por lo que además de contener cuantificaciones del agua en distintos escenarios, este libro provee un conocimiento básico del medio geográfico departamental.	
Palabras nuevas: <ul style="list-style-type: none">• ENSO• Verbigracia• Profusamente	
Preguntas de investigación y del conocimiento que propone el autor: <ul style="list-style-type: none">• ¿Cómo por medio de diversa información se puede contextualizar y generar una herramienta clave para determinar la Hidroclimatología del Departamento de Caldas?	
Análisis interpretativo por el revisor: Con este libro los interesados en el aprovechamiento racional del recurso hídrico en el Departamento de Caldas contarán con cuantificaciones del agua en el tiempo y en el espacio, ya sea almacenada en el suelo y disponible para las plantas cultivadas o naturales o de los caudales que discurren por los cursos de agua. Fuente de consulta de utilidad para el agrónomo, para el agricultor, para el ingeniero constructor, para el ecólogo, para las entidades que de alguna manera hacen uso del recurso hídrico o propenden por su conservación y aprovechamiento y para quienes tienen como oficio la planificación del territorio o la prevención de catástrofes. En pocas palabras, aquí yace una primera aproximación a la geografía del agua, una mirada a la geografía caldense desde la óptica del agua.	
Referencias de interés que cita el autor: <ul style="list-style-type: none">• Fundamentos de Hidrología de superficie.• Elementos de meteorología y climatología.• Modelo hidrológico computarizado para el manejo integrado de cuencas hidrográficas en la Región del Eje Cafetero	

Anexo 38. Ficha Bibliográfica 38.

Fecha de lectura: Septiembre de 2016	Numero consecutivo de revisión: 38
Título: Plan de acción institucional, actualización ambiental de Caldas. PAI CORPOCALDAS 2016-2019	
Autor(es): CORPOCALDAS	
Fuente bibliográfica: CORPOCALDAS, (2016). Plan de acción institucional, actualización ambiental de Caldas. PAI CORPOCALDAS 2016-2019. Manizales, Caldas – Colombia.	
<p>Conceptos, contextos y aspectos metodológicos que propone el texto:</p> <p>El presente diagnóstico describe el estado actual ambiental del departamento de Caldas, como punto de partida para la planeación y toma de decisiones de fortalecimiento y cambio. El diagnóstico ambiental se alimentó inicialmente con la información suministrada por los equipos técnico y social de la entidad; luego, se enriqueció con las percepciones de los seis encuentros subregionales, las mesas temáticas con representantes de las ONG ambientalistas, academia, y el sector productivo, y las jornadas adelantadas con comunidades indígenas y afrodescendientes.</p>	
Palabras nuevas: No aplica	
Preguntas de investigación y del conocimiento que propone el autor:	
<p>Análisis interpretativo por el revisor:</p> <p>El Plan de Acción Institucional de la Corporación Autónoma Regional de Caldas es un instrumento de planificación cuatrienal construido con rigurosidad técnica, el cual contempla una lectura del territorio desde la experiencia en la gestión y la construcción colectiva con los actores presentes en la jurisdicción de la Corporación.</p> <p>Corpocaldas, asumió el reto de caracterizar la situación ambiental del territorio desde una mirada holística, a partir del análisis de 4 categorías: soporte, provisión, regulación y culturales. Dichos ejes temáticos fueron abordados desde los motores de pérdida de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, relacionados con los cambios en el uso del suelo; disminución, pérdida o degradación de elementos de los ecosistemas nativos y agros ecosistemas; invasiones biológicas; contaminación y toxificación del agua, y cambio climático.</p> <p>La Biodiversidad y sus servicios ecosistémicos son el soporte para el desarrollo y el crecimiento de los diversos sectores productivos presentes en Caldas. En la perspectiva del desarrollo sostenible, el territorio es considerado como un espacio multidimensional, siendo una plataforma sobre la cual se producen complejas interacciones entre lo social, cultural, económico, ambiental e institucional. De manera específica, la dimensión ambiental es abordable desde una perspectiva territorial integral, donde es indispensable atenderla junto a las otras dimensiones, como componente de un todo en constante interacción.</p>	
<p>Referencias de interés que cita el autor:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Información cartográfica básica IGAC, Información cartográfica temática Corpocaldas. 	

Anexo 39. Ficha Bibliográfica 39

Fecha de lectura: Septiembre de 2016	Numero consecutivo de revisión: 39
Título: DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE CALDAS PLAN DE ACCION 2013 - 2015	
Autor(es): CORPOCALDAS	
Fuente bibliográfica: CORPOCALDAS, (2013). DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE CALDAS PLAN DE ACCION 2013 – 2015. Manizales, Caldas – Colombia.	
Conceptos, contextos y aspectos metodológicos que propone el texto: Es el resultado de la implementación de una metodología, que tiene como base la construcción colectiva y social, en donde se recoge los aportes de los distintos sectores de la Sociedad Civil, las entidades territoriales, los diferentes gremios, la academia y las comunidades indígenas. Las estrategias planteadas responden a la dinámica compleja del ambiente, así como a la gran biodiversidad de Caldas, amenazadas por fenómenos como el cambio climático global y los impactos generados por las actividades antrópicas. En la consolidación de un plan estratégico que fortalezca el accionar del departamento desde el visionar de la gestión ambiental; la Corporación Autónoma Regional de Caldas viene estructurando con rigor procesos y herramientas de planificación y ordenación ambiental, en atención a las nuevas problemáticas y realidades del departamento de Caldas.	
Palabras nuevas: No aplica	
Preguntas de investigación y del conocimiento que propone el autor:	
Análisis interpretativo por el revisor: El Plan de acción 2013-2015, se convierte entonces, en un instrumento de trabajo, consulta e interacción, para orientar la gestión ambiental de las diferentes entidades territoriales, las organizaciones de base y promover la cooperación, procurando dar respuesta a las inquietudes de la comunidad, atendiendo a las competencias promulgadas en las leyes que orientan su gestión. Desarrollando estrategias de intervención, seguimiento y control que han significado aciertos y desafíos en el desarrollo ambiental del departamento y a la vez, han determinado retos en el fortalecimiento y presencia institucional para el mejoramiento de la gobernabilidad, empleando una metodología que identifica y analiza los factores demográficos, económicos, sociales, culturales, políticos y tecnológicos, que caracterizan la situación actual y las tendencias que pueden condicionar las transformaciones del territorio, para establecer una estrategia y una gobernanza efectiva.	
Referencias de interés que cita el autor: No aplica	

Anexo 40. Ficha Bibliográfica 40.

Fecha de lectura: Septiembre de 2016	Numero consecutivo de revisión: 40
Título: Geología de las Planchas 206 Manizales Y 225 Nevado Del Ruíz	
Autor(es): Humberto González	
Fuente bibliográfica: Gonzales, H., (2001). Geología de las Planchas 206 Manizales Y 225 Nevado Del Ruíz: INGEOMINAS. Colombia	
Conceptos, contextos y aspectos metodológicos que propone el texto: Los mapas geológicos suministran la información geocientífica básica, necesaria para el desarrollo de una sana política pública relacionada con el manejo y conocimiento de los recursos minerales y energéticos, del agua, del riesgo debido a amenazas geológicas tales como flujos, terremotos, deslizamientos, erupciones volcánicas y con la protección del medio ambiente. Consciente de lo anterior, el Instituto INGEOMINAS ha considerado la cartografía como la base de la infraestructura para el desarrollo del país. Este trabajo es la complementación, revisión y actualización del antiguo Cuadrángulo para lograr su publicación en las planchas 206 Manizales y 225 Nevado del Ruiz; el antiguo Cuadrángulo comprendía, adicionalmente, una franja de 1.440 km ² en la parte oriental de las planchas 205 Chinchiná y 224 Pereira. Conjuntamente con la cartografía geológica se efectuó un muestreo geoquímico regional, que complementa la información disponible para el análisis y caracterización de los recursos minerales existentes en el área y de los ambientes geológicos y sus posibilidades de mineralización La geología básica fue tomada del mapa de Mosquera efectuando una revisión de la nomenclatura utilizada y complementando la información estratigráfica y metamórfica, con base en el desarrollo de nuevas investigaciones en el área. La descripción de las unidades litológicas se ha hecho teniendo en cuenta la leyenda del mapa y considerando que las geoformas actuales. La información utilizada para la elaboración de este informe es obra de muchos geólogos que con su trabajo de campo o investigativo han contribuido a su autoría.	
Palabras nuevas: <ul style="list-style-type: none">• Polimetamórfica• Hercínica• Plutonismo	
Preguntas de investigación y del conocimiento que propone el autor: Análisis interpretativo por el revisor: Los mapas geológicos de estas planchas, a escala 1:100.000, suministran la información geocientífica básica necesaria para el desarrollo de una sana política relacionada con el conocimiento del agua, del riesgo debido a amenazas geológicas y con la protección del medioambiente en la región. El área, por sus características geológicas y localización geográfica, está sometida en diferentes grados a amenazas de origen geológico que pueden implicar riesgos de magnitud en zonas de amplio desarrollo y una alta densidad de población como Manizales y municipios vecinos situados sobre la zona cafetera y en las poblaciones ribereñas del río Magdalena en el Departamento del Tolima, debido a flujos de lodo producidos por deshielo en los casquetes nevados que cubren la cima de algunos volcanes, en el Complejo Ruiz-Tolima durante erupciones volcánicas.	
Referencias de interés que cita el autor: No aplica	