

PLAN DE MANEJO
AMBIENTAL DE
AGUA
SUBTERRÁNEA, SU
ADMINISTRACIÓN Y
APROVECHAMIENTO.
EN EL MUNICIPIO DE
MAICAO, LA
GUAJIRA.

26 de julio
2011

En este plan de manejo ambiental se describe la situación hidrogeológica, aspectos generales, la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos, aspectos técnicos y demanda de agua del municipio de Maicao, los cuales fueron tenidos en cuenta para poder desarrollar y establecer los diferentes instrumentos de planificación para el municipio de Maicao, mediante una gestión y un uso eficiente y eficaz.

Contenido

INTRODUCCION.....	¡Error! Marcador no definido.
I. OBJETIVO GENERAL.....	7
II. JUSTIFICACIÓN	8
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
CAPITULO 1.....	14
1.1 ASPECTOS GENERALES DEL MUNICIPIO DE MAICAO.....	15
1.2 HIDROCLIMATOLÓGIA.....	17
1.3 GEOLOGIA	21
1.4 GEOMORFOLOGÍA.....	25
1.5 INVENTARIO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS.....	27
1.6 GEOFÍSICA	31
1.7 HIDROQUÍMICA.....	34
1.8 HIDROGEOLOGÍA.....	42
1.9 VULNERABILIDAD INTRÍNSECA DE LOS ACUÍFEROS A LA CONTAMINACIÓN.....	46
CAPITULO 2.....	59
2.1 DEMANDA DE AGUA Y PATRONES DE CONSUMO EN EL MUNICIPIO DE MAICAO.....	60
2.1.1 Proyección de la población.....	60
2.1.2 Definición de la dotación	61
2.1.3 Volumen de agua captada anualmente	64
2.1.4 Indicadores de contaminación fecal (Coliformes Fecales, Enterococos).....	65
2.1.5 Detergentes.....	67
2.1.6 Hidrocarburos	68
2.2 MONITOREO DE POZOS SUBTERRÁNEOS MUNICIPIO DE MAICAO, ENERO-JUNIO DE 2010 .	72
2.3 CALIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS.	78
CAPITULO 3.....	79
3.1 MARCO CONCEPTUAL.....	80
3.2 LEGISLACIÓN EN AGUAS SUBTERRÁNEAS.....	82
3.3 INSTRUMENTOS DE PLANIFICACIÓN PARA EL PMAS DE MAICAO	84
BIBLIOGRAFIA	¡Error! Marcador no definido.

INTRODUCCIÓN

CORPOGUAJIRA es una entidad corporativa de carácter público, creada por la ley, dotada de autonomía administrativa y financiera, patrimonio propio y personería jurídica, encargada por la ley de administrar dentro del área de su jurisdicción los recursos naturales renovables y el ambiente y propender por su desarrollo sostenible, de conformidad con las disposiciones legales y las políticas del MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL.

El propósito principal de CORPOGUAJIRA es ejecutar 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.

CORPOGUAJIRA tiene como misión generar desarrollo sostenible para La Guajira, a través de la administración eficiente del medio ambiente y los recursos naturales, de conformidad con la normatividad y política nacional ambiental; realizando una gestión transparente y participativa, teniendo en cuenta nuestras particularidades como región biodiversa, multiétnica y pluricultural.

Dentro de las funciones esenciales se encuentra Coordinar el proceso de preparación de los planes, programas y proyectos de desarrollo medio ambiental que deban formular los diferentes organismos y entidades integrantes del Sistema Nacional Ambiental –SINA- en el área de su jurisdicción y en especial, asesorar a los departamentos, distritos y municipios de su comprensión territorial en la definición de los planes de desarrollo ambiental y en sus programas y proyectos en materia de protección de los recursos naturales renovables y el ambiente, de manera que se asegure la armonía y coherencia de las políticas y acciones adoptadas por las distintas entidades territoriales.

La Corporación Autónoma Regional de La Guajira (CORPOGUAJIRA) ha realizado, con la asistencia técnica del Organismo Internacional de Energía Atómica (OAEA) y la

coordinación nacional del Instituto Colombiano de Geología y Minería (INGEOMINAS), un estudio combinado de Hidrogeoquímica e Hidrología Isotópica (deuterio, oxígeno-18, tritio, carbono-13 y carbono-14) en el municipio de Maicao (Dpto. de La Guajira), en el extremo norte de Colombia,

Se han desarrollado trabajos en el marco de la cooperación técnica como el cálculo de la tasa por uso de agua, construcción del mapa de vulnerabilidad y riesgos de contaminación de las aguas subterráneas, la construcción del modelo geoelectrico del sistema hidrogeológico superficial, desarrollados para profundizar el conocimiento de las aguas subterráneas en el Municipio de Maicao,

La Corporación continúa efectuando estudios para lograr avanzar en el conocimiento integral de los sistemas de acuíferos, en procura de obtener un instrumento técnico idóneo y confiable para administrar y aprovechamiento el recurso natural y satisfacer los requerimientos de los sectores urbanos y productivos.

En este plan de manejo ambiental se describe la situación hidrogeológica, aspectos generales, la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos, aspectos técnicos y demanda de agua del municipio de Maicao, los cuales fueron tenidos en cuenta para poder desarrollar y establecer los diferentes instrumentos de planificación para el municipio de Maicao, mediante una gestión y un uso eficiente y eficaz.

Se establecen once instrumentos de planificación teniendo en cuenta las estrategias de conocimiento, planificación, conservación, uso eficiente y sostenible del recurso hídrico, monitoreo, seguimiento y evaluación de la calidad del agua. Cada instrumento es desarrollado de forma individual teniendo en cuenta un objetivo del instrumento, una introducción y justificación para poder obtener un resultado esperado.

I. OBJETIVO GENERAL

Diseñar los lineamientos para la implementación del Plan de manejo ambiental de agua subterránea, su administración y aprovechamiento. En el Municipio de Maicao, La Guajira.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- I. Describir la situación hidrogeológica actual y la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación en el Municipio de Maicao.
- II. Identificar la demanda y contaminación del agua subterránea en el Municipio de Maicao.
- III. Formulación de los instrumentos de planificación, las estrategias, metas e indicadores del plan de manejo ambiental del Municipio de Maicao.

II. JUSTIFICACIÓN

Las aguas subterráneas a nivel global han sido usadas históricamente sin considerar los posibles riesgos de degradación por contaminación, agotamiento, o salinización que puede afectar la calidad y cantidad de la oferta de este recurso. Los problemas en el aprovechamiento y preservación de los recursos hídricos subterráneos están presentes igualmente en nuestro país, existiendo debilidad institucional a nivel del Ministerio de Ambiente Desarrollo y Vivienda y las Corporaciones Autónomas Regionales quienes son las entidades rectoras de las políticas del agua a nivel nacional.

El agua subterránea, raramente es afectada por los impactos antropogénicos tan rápidamente como el agua superficial. La respuesta de un sistema acuífero es usualmente retardada debido a que el movimiento de los contaminantes en el subsuelo es lento por las condiciones hidrodinámicas y la naturaleza de los procesos bioquímicos. Esta condición debe ser usada efectivamente en la estrategia de protección del sistema hídrico subterráneo.

Maicao es uno de los cuarenta municipios de Colombia que depende mucho de las aguas subterráneas para actividades distintas a las agropecuarias e industriales (uso doméstico).

El acuífero de Maicao es objetivo dentro de los lineamientos de la política departamental de aguas y de la Corporación Autónoma Regional - Corpoguajira, debido a que su problemática está estrechamente relacionada con el bajo nivel de cobertura de agua potable en el municipio y zona rural que se abastecen únicamente de la cuenca del río Carraipía – Paraguachón cuyo caudal medio de 1,36 m³/s es insuficiente para satisfacer a toda esta población¹. Es así como los mismos pobladores han construido pozos y además se han realizado sin ningún estudio previo en cuanto a su localización y profundidad, existiendo entonces la posibilidad de que el agua del acuífero se contamine con las aguas de infiltración provenientes de tanques sépticos construidos cerca de los pozos, e igualmente de la sobre explotación de éstos al no existir ningún tipo de control

¹ Consultores del Caribe Ltda., Plan de Ordenamiento Territorial, Municipio de Maicao – La Guajira.

que conllevaría a futuro a un agotamiento prematuro de las reservas de agua subterránea

Con el plan de manejo de las aguas subterráneas se desea contribuir al cambio de la actual cultura hacia el uso inadecuado del agua que existe en esta sección del departamento de La Guajira, trabajando en la preservación de este recurso natural de vital importancia para el ser humano y el Medio Ambiente.

Para tal fin es importante contribuir a los programas de desarrollo sostenible de los servicios de agua potable en los municipios de Colombia, a la conservación y control de cuencas y fuentes de agua y al uso eficiente y el ahorro del agua mediante el desarrollo de esquemas organizativos y técnicos que permitan establecer en el corto y mediano plazo proyectos que garanticen el suministro y la calidad del agua que demanda la población en dicho municipio del departamento de La Guajira

Con la debida elaboración y ejecución de plan de manejo se promoverá el uso eficiente de los diferentes productos y servicios que brinda el recurso hídrico para asegurar la viabilidad económica y una amplia gama de beneficios ambientales y sociales.

Dicho plan deberá orientarse hacia la sostenibilidad y perpetuación de las aguas subterráneas y hacia la viabilidad económica, tomando en consideración los costos y beneficios ambientales, sociales y operacionales del manejo ambiental y las inversiones para mantener el uso sostenible de este recurso. El manejo de las aguas subterráneas deberá situarse hacia el uso adecuado del recurso hídrico subterráneo y hacia la viabilidad económica, tomando en consideración los costos y beneficios ambientales, sociales y operacionales del manejo y las inversiones para mantenerlo en el tiempo.

El plan manejo de las aguas subterráneas es de vital importancia, porque con ello se pretende minimizar los desperdicios asociados con las operaciones de aprovechamiento del agua así como evitar el daño a otros recursos naturales manteniendo así las funciones ecológicas, integridad del suelo y los servicios ambientales.

Además de ello, dichos lineamientos sirven para reflejar los aportes académicos obtenidos en la formación profesional de los estudiantes en practica, donde se aplican, la

metodología de la evaluación de proyectos y la planificación ambiental, siendo estos los de mayor relevancia, entre otros.

Igualmente, la academia se transporta hasta las diferentes comunidades donde hay una incidencia directa del plan de manejo ambiental, estableciendo específicamente estrategias correctivas acordes, para el ahorro y uso eficiente del agua, cumpliendo con el Decreto 373 de 1997

En ese orden de ideas se busca reducir el impacto sobre los acuíferos por una indebida explotación del recurso, la erosión hídrica del suelo en el caso de los pozos, la contaminación de aguas subterráneas por erosión, además de otros tipos de contaminantes que pueden influir de forma directa e indirecta sobre este recurso

Con el fin de mitigar y evitar los efectos antes descritos, surge la necesidad de implementar el plan de manejo ambiental de agua subterránea en el municipio de Maicao que permita crear las pautas para que se haga el uso adecuado del aprovechamiento, conservación y preservación de este recurso tan importante en zonas áridas.

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Cada año se dedican días al agua, es el “Día del agua” y cada vez aparecen nuevos problemas relacionados con este valioso recurso natural; sin embargo, nosotros los colombianos, aún no entendemos la magnitud de la competencia que se nos avecina por el agua, ni mucho menos aceptamos la realidad que sobre el recurso hídrico que vive el país.

El agua es el principio de la vida en la tierra, es un bien de alto valor económico, finito y muy vulnerable. El ser humano tiene acceso solamente al 0,25% de los recursos hídricos del planeta, el resto es agua salada, hielo, o aguas subterráneas profundas¹, sin embargo, el hombre sigue actuando como si el agua fuera un recurso abundante y perpetuo explotándolo de manera inadecuada provocando su degradación y contaminación.

Ahora bien el desarrollo aunque lento, pero avanzando hacia la modernización del departamento de La Guajira, demandan un empleo cuidadoso de todos los recursos naturales y dentro de ellos el agua es el recurso natural renovable mas indispensable. El deficiente conocimiento, mal uso y polución del agua en La Guajira es una realidad y constituye una de las causas de nuestra relativa pobreza.

En muchos lugares de este Departamento el agua subterránea es un recurso ignorado; en otras partes es torpemente manejado, y solamente en unos pocos sitios se utiliza racionalmente. El agua subterránea hace parte del ciclo hidrológico y está íntimamente relacionada con el agua superficial. Por ello, debe terminarse con la anarquía hasta ahora existente en la administración de las aguas superficiales y las subterráneas dentro de una misma cuenca hidrográfica y con la dispersión de competencias entre las agencias del departamento, que mantienen deficientes comunicaciones entre sí.

Por otra parte, el nivel profesional del personal encargado de estos asuntos actualmente deja mucho que desear (como en los entes territoriales). Por deficiencias en las disposiciones legales y administrativas el trámite de solicitudes de concesión y permisos

¹ Andrés S. Jouravlev, Problemática del Abastecimiento de agua y saneamiento en las ciudades de Ibero América, Diagnóstico y Soluciones, CEPAL, Chile.

para el estudio del recurso se empantana en los expedientes, la información técnica se pierde en el camino y hay un amplio campo para el desorden y la consecuente corrupción. Esto, unido a la indisciplina social de muchos usuarios ha llevado a malgastar y deteriorar estos recursos naturales renovables, los más importantes para el desarrollo sostenible de los seres vivos. También no puede olvidarse que lo antrópico también debe integrarse al ciclo hidrológico para que el desarrollo de la humanidad y por ende el del departamento pueda ser, en efecto sostenible.

A esta compleja situación se agrega ahora la problemática del cambio climático global, el cual es un hecho científicamente comprobado. Según las proyecciones del IDEAM¹ tendremos una disminución significativa de la precipitación por el calentamiento atmosférico en los próximos 50 años en las siguientes regiones ecoclimáticas: Medio Cauca y Alto Nechí (- 6%), Alto Magdalena (- 7%), Alta Guajira (- 10%), Pacífico Sur (- 12%), Alto Cauca (- 14%), Montaña Nariñense (-23%) y Alto Patía (-23%). En las demás regiones de Colombia se visualiza un aumento en la precipitación de entre un 4 % y un 35 %. El nivel de los océanos continuará su tendencia alcista con un valor entre 50 cm y 110 cm para el año 2100, con severos efectos sobre todos los terrenos litorales marítimos y el aumento de la intrusión salina en muchos acuíferos costaneros.

El país y el departamento de la guajira, como uno de los principales departamentos que más sufren por la escases de agua, no puede permanecer indiferente frente a semejantes cambios que van a afectar hondamente la economía y el futuro crecimiento del mismo. Ante este panorama es urgente adoptar ya, medidas muy serias y de corto plazo sobre el recurso agua y dentro de estas, una específica para el agua subterránea, que es la fuente hídrica que más se ve afectada por la constante explotación que hay sobre ellas.

No obstante, algunas autoridades ambientales del departamento, como es el caso de los distintos entes territoriales, no tienen definidos sus propios objetivos de control y monitoreo de acuerdo con las realidades regionales y locales, sin perder de vista que el control del monitoreo de las aguas subterráneas, es parte de las actividades y responsabilidades de la estructura gubernamental y autoridades ambientales encargadas

de implementar de manera coordinada, estrategias y políticas para regular el manejo y control sobre la protección y conservación de las aguas subterráneas.

Dichos monitoreo de las aguas subterráneas es uno de los más importantes métodos para soportar la estrategia y políticas de protección y conservación del recurso hídrico subterráneo. La no implementación de programas de monitoreo por parte de los entes (en cantidad y calidad) a desmejorado la poca planeación, desarrollo, protección y manejo de las aguas subterráneas, que no se han anticipado o controlado la contaminación y los problemas de sobreexplotación o degradación de las mismas.

La inexistencia de los monitoreos, los cuales demandan procesos técnicos y financieros y por ello los resultados obtenidos debe ser aplicada para la toma adecuada toma de decisiones en relación con el recurso. En este sentido, el monitoreo debe reflejar los esfuerzos mínimos requeridos para la obtención de información, lo cual implica desarrollar verdaderos programas enfocados en propósitos regionales y locales según sea el caso y limitarse a puntos claramente definidos a partir de un proceso de interpretación de información hidrogeológica.

Debido a lo expuesto con anterioridad, el municipio de Maicao localizado en la cuenca del Río Carraipía- Paraguachón zona de estudio, que posee numerosos afluentes, la mayoría de los cuales son provistos de régimen intermitente sólo existentes en épocas de lluvia que se agotan en los largo veranosⁱⁱ, presenta un gran problema para satisfacer a cabalidad con la demanda de agua requerida por parte de las distintas comunidades, debido a ello hay un gran déficit hídrico que conlleva a una explotación continua y masiva de los acuíferos presentes.

La falta de instrumentos de planificación adecuados y acordes para las aguas subterráneas en el municipio de Maicao, ha traído el constante deterioro de tan vital recurso, además de la falta de voluntad política que permita entender la dimensión ambiental y social que se buscan con la implementación y puesta en marcha de en plan de manejo de las aguas subterráneas en esta parte del Departamento de La Guajira.

CAPITULO 1

SITUACIÓN HIDROGEOLÓGICA Y VULNERABILIDAD

1.1 ASPECTOS GENERALES DEL MUNICIPIO DE MAICAO

El Municipio de Maicao está ubicado al norte de la República de Colombia, en la zona oriental del Departamento de La Guajira, enmarcado entre las coordenadas planas extremas de **Norte** X = 900.06, Y = 1'785,039; **Sur** X = 851.24, Y = 1'721,273; **Este** X = 901.85, Y = 1'778,089 y **Oeste** X = 828.51, Y = 1'755,930

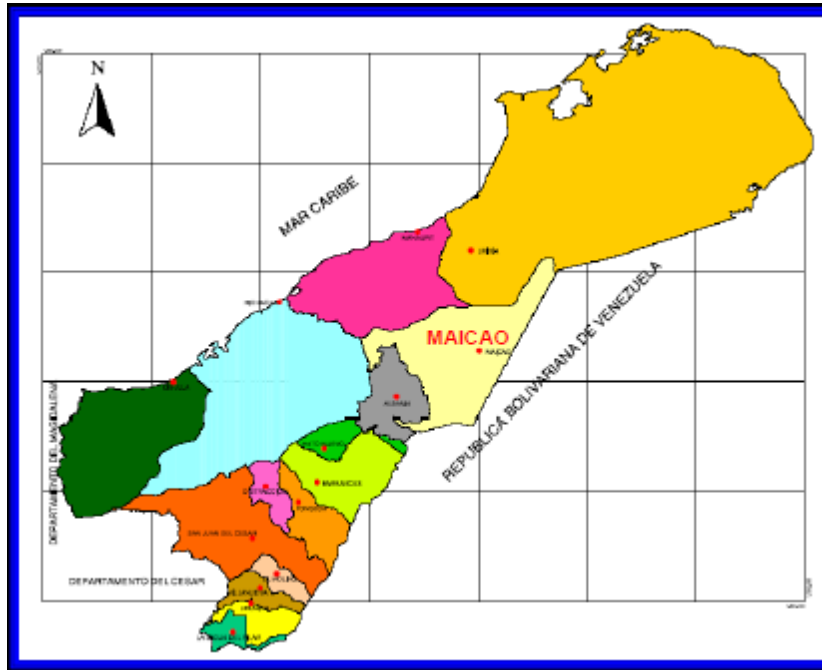


Figura 1.1 Localización del municipio de Maicao

La cabecera municipal de éste municipio limita al norte con el cerro de la teta y los municipios de Uribía y Manaure; al sur con los Montes de Oca, la Serranía del Perijá, con el municipio de Albania y la República de Venezuela; al este con el río Ranchería y los municipios de Riohacha y Albania; y por el oeste con la República de Venezuela. Situada a una altura de 52 m.

La temperatura en Maicao se caracteriza por las épocas secas en los meses de: Mayo, Junio y Julio, cuando alcanza los 34 grados centígrados. Los vientos alisios (nordeste) corren en dirección este-oeste, moderan la temperatura, pero aumentan la evaporación en las plantas, la temperatura promedio es de 29°C. El territorio es, en general, seco y llano, con algunas corrientes de agua, en su mayoría intermitentes, que dependen de los periodos de lluvia en la región.

Maicao es un puerto terrestre libre y su principal actividad económica está relacionada con el comercio, es conocida como la vitrina comercial de Colombia; es un puente entre Colombia y Venezuela. Las condiciones naturales no son propicias para la actividad agrícola; tiene más relevancia la ganadería caprina.

En muchos lugares la cubierta vegetal no existe, se ordenan muchos factores como son: La sequía, el viento y la salinidad, para reprimir el crecimiento de los vegetales, la cual presenta un crecimiento chaparro y de hojas pequeñas mostrando la sequía predominante, desértica. De la misma manera existen lugares en donde las precipitaciones son más frecuentes, abundantes, regulares y las condiciones protegen la vegetación, esta zona está localizada en la Cordillera Oriental, en el valle que forma el río Carraipia, donde se desarrolla una vegetación permanente y variada, presentándose con mayor densidad en la riveras del río, que separa el continente de la penínsulas.

Aspectos demográficos según el DANE

Los datos obtenidos sobre la población de Maicao se tomaron del “*Plan de Ordenamiento y manejo de la cuenca del río Carraipia-Paraguachón*” de lo cual se obtiene que Maicao posee 64.011 habitantes en la zona urbana y 39.113 habitantes en la zona rural; y una tasa de crecimiento de 1,018% según el censo 2005 realizado por el DANE.

Tabla 1 Población proyectada hasta el 2010

Año	Zona Urbana	Zona Rural	Total
2005	64011	39113	103124
2006	64663	39511	104174
2007	65321	39913	105234
2008	65986	40320	106306
2009	66658	40730	107388
2010	67336	41145	108481

Fuente: DANE 2005.

1.2 HIDROCLIMATOLÓGIA

Geográficamente el municipio de Maicao se localiza entre los 11°09'00" hasta los 11°25'00" de Latitud Norte y los 72°25'00" y 72°05'00" de Longitud al Oeste de Greenwich, en conjunto con la influencia que ejerce la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), condicionan las propiedades físicas de la atmósfera que definen el tiempo y el clima. Actúan también sobre las características climáticas de la cuenca del río Carraipía-Paraguachón, todas las condiciones físicas que le son propias (forma, orientación, rango de altitudes, topografía, vegetación, etc.) y que producen o modifican los elementos que crean el clima.

La situación geográfica de Colombia, ubicada en el extremo noroccidental de América del Sur, entre aproximadamente 4° de Latitud Sur y algo más de 13° de Latitud Norte, hace que casi toda su extensión quede condicionada a la influencia de la ZCIT. Por tal razón, las condiciones y variaciones, a través del tiempo, de las masas de aire que define e influyen sobre el tiempo y el clima en Colombia, están muy ligadas a la presencia de la ZCIT que es, entonces, el sistema meteorológico que fija el mecanismo general del clima.

En Colombia la ZCIT fluctúa, aproximadamente, entre 0° de latitud, posición en la que se encuentra en enero - febrero, y 10° de latitud norte, posición extrema que se puede alcanzar en julio - agosto. El desplazamiento ocasiona que en la mayor parte de Colombia se presente, durante el año, un doble máximo y un doble mínimo de precipitaciones y, por supuesto, también de los demás elementos meteorológicos.

Es decir, la ZCIT, pasa por el centro de Colombia dos veces al año:

Una primera vez entre abril y mayo, cuando se desplaza hacia el norte y ocasiona el primer período lluvioso que va acompañado de un pequeño descenso en las temperaturas medias, con una disminución de las máximas y aumento de las mínimas; una segunda vez entre septiembre y octubre, cuando regresa de su posición norte más extrema, alcanzada en julio - agosto, y se dirige al sur, originando el segundo período lluvioso que es el más fuerte y también se acompaña de un descenso en las temperaturas medias, disminución de las máximas y aumento de las mínimas.

Los procesos zonales de convección térmica y dinámica, junto con la influencia extensiva de la ZCIT, juegan una importancia decisiva en el régimen climático, notándose su acción especialmente en las áreas planas de las regiones septentrionales y orientales de Colombia.

Además de los procesos convectivos, térmicos y dinámicos mencionados y de los ascensos y descensos de aire que guardan una relación directa con la ZCIT, también se hacen presentes movimientos del aire, horizontales y verticales, determinados por causas locales y condicionadas básicamente por la configuración del relieve, la vegetación y la relación tierra - agua que originan estabilización o inestabilización de la atmósfera lo cual ocasiona, a su vez, muy escasas o muy abundantes precipitaciones, respectivamente. También influyen los efectos de las circulaciones locales, como las brisas de montaña - valle y valle - montaña o pendiente - arriba y pendiente - abajo, que demuestran su presencia básicamente porque refuerzan la influencia de los otros procesos o sistemas meteorológicos actuantes y determinan el período del día en el cual se presenta una mayor precipitación y coadyuvan a su producción en las épocas en las cuales esos otros procesos o sistemas meteorológicos no son totalmente condicionantes.

TABLA 1.2 Estaciones Meteorológicas

ESTACIÓN	CÓDIGO	TIPO	MUNICIPIO	COORDENADAS	ALTURA	PERIODO
La Chingolita	1508011	PM	Maicao	11°07' N – 72°26' W	500	1992 – 2006
Escuela Rural Charapilla	1508503	CO	Maicao	11°13' N – 72°22' W	118	1968 – 2006
Paraguachón	1508006	PM	Maicao	11°22' N – 72°08' W	35	1971 – 2006

PM : Pluviométrica

CO : Climatológica Ordinaria

Precipitación

La distribución temporal de las lluvias o su comportamiento durante el año es de tipo bimodal. Es decir dos períodos húmedos y dos secos, ver Figura 3.1. En términos generales la precipitación presenta las siguientes características:

La posición geográfica y los fuertes vientos provenientes del mar determinan la condición lluviosa arriba mencionada. Las lluvias se inician en el mes de abril y disminuyen en el mes de junio, completando el primer período húmedo del año. En el mes de agosto aumentan nuevamente, produciéndose hasta el mes de diciembre, correspondiendo al segundo período húmedo del año. Los meses de mayo y octubre corresponden a los picos más altos con valores de 130 mm en la parte alta; 122 mm en la parte media y 89 mm en la parte baja.

Los períodos secos comprenden los meses de enero – marzo (el más largo) y el mes de junio (el más corto). Para el primero, los valores fluctúan entre 8 y 17 mm en la parte alta; 8 mm y 20 mm en la parte media y 4 mm y 25 mm en la parte baja. Para el segundo, se registra una oscilación entre 19 mm en la parte baja, 34 en la parte media y 46 mm en la parte alta.

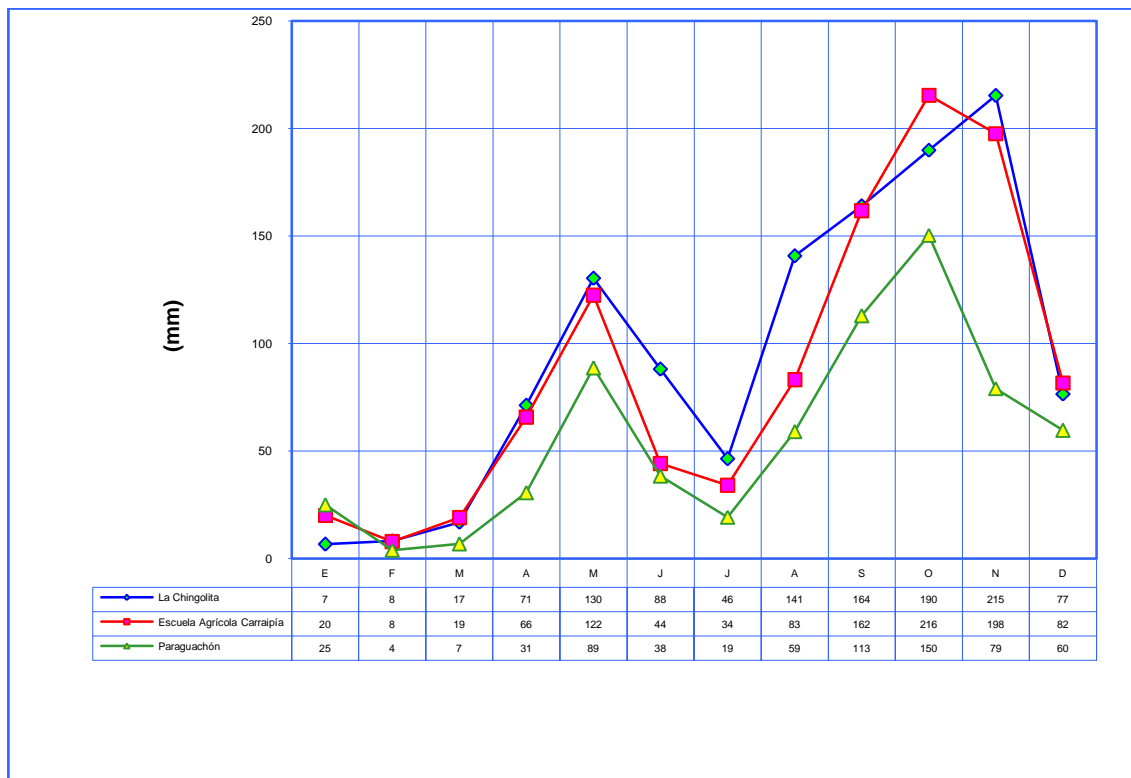


FIGURA 1.2 Distribución Anual de la Precipitación

La distribución porcentual de la lluvia es directamente proporcional a la intensidad con que la misma llega o se aleja de acuerdo con el período seco o húmedo. Las cantidades mínimas se concentran en el mes de enero con valores porcentuales que oscilan entre 1 y 4%. El periodo húmedo posee la mayor concentración de lluvias, las cuales superan el 90% del total anual. Se registra un leve descenso en el mes de junio para toda la cuenca pero en el mes de octubre se aumenta su intensidad alcanzando el valor más alto de toda la cuenca, superando el 20%. En el mes de noviembre comienza el descenso de las lluvias con valores que no superan el oscilan entre el 12 y 19% del total anual para cada una de las estaciones representativas. Ver Figura 3.2

Distribución Porcentual de la Precipitación Mensual.

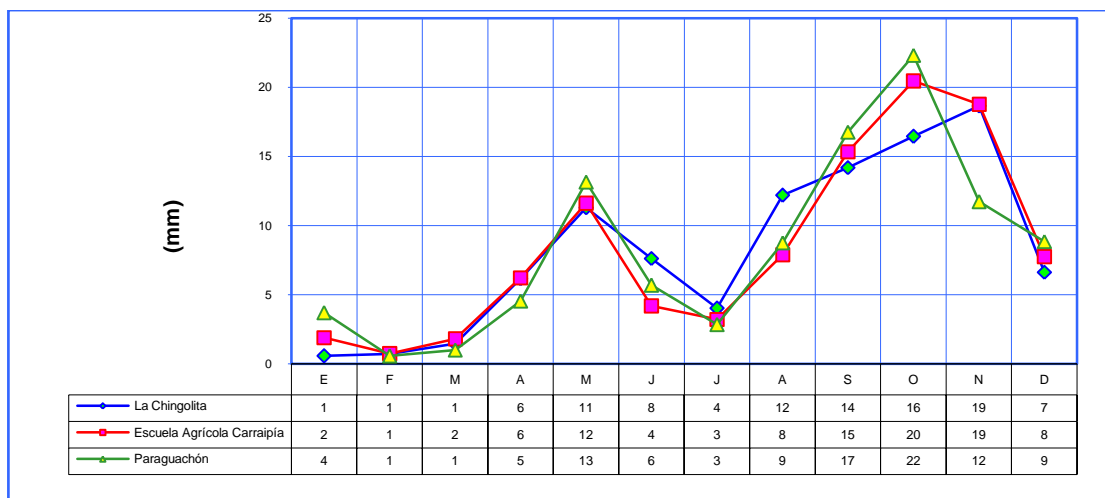


FIGURA 1.3 Distribución Porcentual de la Precipitación

La oferta hídrica del municipio se complementa con la presencia de dos unidades acuíferos (Cuaternario y Terciario), pero que por la alta concentración de cloruros no los hace aptos para el consumo humano, aunque presentan un apoyo al suministro de líquido para otras labores domésticas².

² Plan de ordenamiento territorial del municipio de Maicao.2002

1.3 GEOLOGÍA

Geología regional

El Departamento de La Guajira comprende la Alta Guajira, la Media Guajira, la parte nororiental de la Sierra Nevada de Santa Marta y el sector noroccidental de la serranía de Perijá. En el departamento afloran rocas metamórficas e ígneas del Precámbrico, metasedimentitas del Paleozoico inferior, secuencias sedimentarias y volcánicas que abarcan desde el Paleozoico superior al Neógeno, y sedimentos del Cuaternario.

Las estructuras geológicas presentes en las rocas del Departamento de La Guajira son foliación y lineamientos en rocas metamórficas precámbricas; foliación en rocas cretácicas que sufrieron metamorfismo dinámico; fallas y pliegues que afectan a diferentes unidades geológicas. Las rocas que afloran en el Departamento de La Guajira fueron reconocidas y estudiadas por diferentes autores que individualizaron informalmente un número de unidades en las cuatro áreas correspondientes a las zonas geográficas del territorio: Alta Guajira, Media Guajira, Sierra Nevada de Santa Marta y serranía de Perijá.

GEOLOGÍA LOCAL

El municipio de Maicao por encontrarse localizado en la zona denominada Media Guajira presenta características geológicas determinadas principalmente por pertenecer al período geológico Cuaternario donde prevalecen los depósitos fluviales lacustres, glaciales, marinos, coluviales, eólicos y deltáicos. Dentro del período Terciario prevalecen los Sedimentos Lacustre o del ambiente lagunar, principalmente conglomerados, pequeñas zonas de Plegamientos y localmente Mantos de Carbón; el período Cretáceo también hace presencia en el territorio de Maicao dentro del cual sobresalen Sedimentos epicontinentales como Lutitas Negras y Calizas en el área de la Cordillera. (Ver anexo 1 Mapa Geologico).

En el área de estudio se presentan rocas desde el Cretácico hasta el Cuaternario. Las unidades más antiguas se encuentran en el límite sur del municipio de Maicao, y constituyen la Serranía del Perijá, donde se pone en contacto las rocas del Mesozoico (al sur) con rocas del Terciario y Cuaternario al norte. Las rocas del Cretácico se conocen

como Grupo Calcáreo (Ksc) y están conformadas por rocas sedimentarias, principalmente calizas de color negro a gris, macizas y compactas.

Las rocas de edad Terciario corresponden a la Formación Monguí (Tpm). Son arcillolitas arenosas semicompactas, intercaladas con areniscas de grano medio a grueso y conglomerados semicompactos, con cantos hasta de cinco centímetros de origen ígneo, encerrados en una matriz areno arcillosa [3]. El espesor total de esta secuencia sedimentaria en el área de estudio se estima en 200 metros.

ESTRATIGRAFÍA

En términos generales, en el territorio municipal de Maicao, las características geológicas se encuentran conformadas por depósitos Cuaternarios, formaciones Terciarias y Cretácicas, de los cuales se destacan a continuación:

CUATERNARIO

- Depósitos de Dunas (Qd)

Acumulaciones de arena eólica, de poco espesor, están formados por depósitos de arenas de tamaño medio, de color amarillo grisáceo a amarillo rojizo, compuesto totalmente por granos de cuarzo bien seleccionados y bien redondeados (Lockwood, 1965) y pueden alcanzar hasta 20m de espesor. Generalmente se encuentran cubiertos por vegetación de arbustos y presentan una dirección este-oeste y generalmente situadas sobre la llanura aluvial.

- Depósitos de Llanura Aluvial (QII)

Cubren las capas terciarias, conformando una gran llanura con sedimentos de tipo arcillo-arenoso, semiconsolidados a no consolidados de origen aluvial y en parte eólico que cubren las unidades paleógenas y se encuentran distribuidos a lo largo del valle de los ríos Carraipia y Paraguachon. Se estima un espesor de 60m (Espitia, 2003) se ha asignado una edad Holoceno-Pleistoceno para estos depósitos.

- Depósitos de Cauce Aluvial (Qac)

Son depósitos de pocos metros de espesor de composición areno arcillosa que se depositan a lo largo de los cauces y son acumulados por la acción de los ríos y arroyos.

TERCIARIO

- Formación Monguí (Tmp)

Está compuesta por sedimentos terciarios situados al Sur de la carretera troncal del Caribe con afloramiento bien definidos en la región de Monguí, constituido por arcillolitas arenosas semicompactadas, intercaladas con areniscas de grano medio a grueso y conglomerados simicompactados, con cantos de tamaño de ½ a 5 cm. de origen ígneo, encerrados en una matriz areno-arcillosa. El espesor estimado en la zona de estudio es de 200 m (Espitia, 2003). Aún cuando la edad de la formación no ha sido determinada dada la escasez del registro fósil se considera de edad miocena.

CRETACICO

- Grupo Calcáreo (Ksc)

Está conformado por rocas sedimentarias cretáceas las cuales afloran al Sur de la Falla de Oca. Comprende las formaciones La Quinta, Hato Nuevo, La Luna, Maraca y Apón; Está compuesto por calizas de color negro a gris, macizas y compactadas.

Geología estructural

En la zona de estudio la falla de Oca es el rasgo estructural más importante, presentando una dirección E-W de desplazamiento lateral derecho y delimita el extremo norte de la Sierra Nevada de Santa Marta así como de la Serranía de Perijá. Se extiende aproximadamente por 265 Km en territorio colombiano desde el extremo noroccidental de la Sierra Nevada de Santa Marta, donde se cruza con la falla Santa Marta–Bucaramanga y se prolonga hasta la costa oriental del Estado Falcón en Venezuela donde es cortada por la falla Boconó.

Es una falla de tipo transcurrente cuyo rumbo promedio es N85.2°W+/-7° y con una inclinación probablemente vertical a subvertical.

La falla de Oca presenta algunos rasgos que indican actividad neotectónica vertical asociada a una compresión sur-suroeste, como son el desarrollo de valles lineales paralelos al trazo de la falla, drenajes reflectados, escarpes de falla, los ríos Ranchería y Carraipía varían su curso en la zona de falla, y se colocan casi paralelos al rumbo (Ortiz *et al.* 1993).

1.4 GEOMORFOLOGÍA

En el área del municipio de Maicao se pueden diferenciar dos grandes unidades fisiográficas separadas por la falla de Oca: al norte se presenta la gran llanura aluvial, donde el relieve es plano alcanzando valores de hasta 180 m.s.n.m; con un drenaje regional de tipo dendrítico integrado, algunas colinas bajas redondeadas y depósitos de arenas eólicas y al sur se observa una zona montañosa donde se ubica la zona conocida como cuchilla de la Chingolita, Chonorimahana y el páramo Monte bello, formando el área de mayor altura dentro del territorio municipal, alcanzando alturas de hasta 800 m.s.n.m. ubicadas en la Cordillera Oriental (Montes de Oca). donde afloran rocas del Jurásico y Cretácico (Montes de Oca).

Unidades y rasgos asociados al Valle Aluvial

Dunas (D)

Son colinas o lomas formadas por la acumulación eólica de arena que pueden alcanzar desde pocos centímetros hasta 20 m de altura. Estas geoformas son muy comunes a lo largo de toda la Guajira especialmente las áreas costeras que se distribuyen en la costa presentando pendientes relativamente suaves. Las dunas continentales interiores son de tres tipos: dunas barjanes, dunas transversales y dunas longitudinales.

Planicies aluviales (Pa)

La llanura aluvial corresponde a la superficie de terreno ubicada a los lados del cauce principal y sus afluentes. Está formada por las tierras bajas aluviales inundables en épocas de invierno en inmediaciones de los ríos Carraipía-Paraguachón y afluentes principales. Su pendiente regional es del 3% en promedio.

Valles Aluviales

Corresponde a la zona del cauce actual de los caños que disectan la llanura aluvial. Los aluviones se han desarrollado por el transporte y acumulación de fragmentos provenientes de la erosión de las rocas meteorizadas del neógeno y cretácico de la cuenca alta.

Colinas Bajas (Co-b)

En esta zona plana aparecen una serie de colinas bajas redondeadas de 30 m de altura, formadas por rocas sedimentarias de la Formación Monguí que resaltan sobre la llanura aluvial. Los rangos de pendientes están entre el 3-12% en promedio y el drenaje es subparalelo.

Unidades y rasgos asociados a la zona montañosa

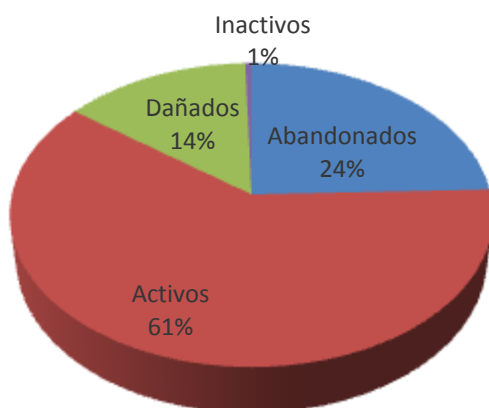
Colinas medias (Co-m) Colinas medias (Co-m)

Esta unidad geomorfológica corresponde a las estribaciones de Los Montes de Oca, los cuales están constituidos por rocas sedimentarias, metamórficas e ígneas, que están afectadas por esfuerzos tectónicos que controlan el drenaje y está conformada por colinas de elevación moderada cuyas pendientes varían entre 25-75 % aunque en algunas zonas alcanzan valores mayores de 75%. La erosión en la mayor parte de la serranía es de moderada a ligera (en Rodríguez y Londoño, 2002).

1.5 INVENTARIO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

El municipio de Maicao para el año 2006 presentaba aproximadamente un total de 421 pozos, empleados por la comunidad para diferentes usos.

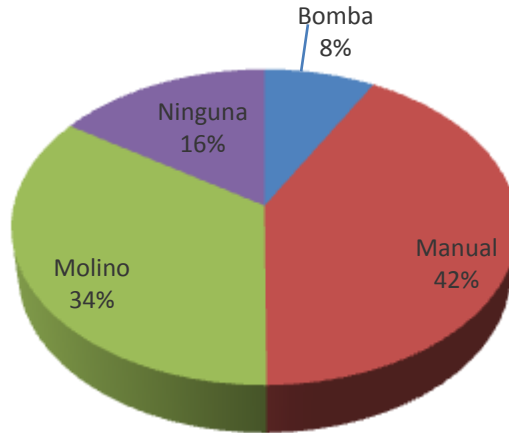
Grafica 1.1 Estado de los pozos



Fuente: Inventario general de captaciones subterráneas de las cuencas del departamento de La Guajira, CORPOGUAJIRA 2006.

De la grafica 1 podemos anotar que, el 61% de los pozos se encuentran totalmente activos. Lo que nos indica que este sigue siendo un medio de gran relevancia para el abastecimiento de liquido de los habitantes de este municipio, debido a que es la fuente de agua de mayor facilidad para su obtención con respecto a las fuentes superficiales, que para este municipio son muy limitadas y aun mas cuando se trata de abastecer o suplir a las comunidades rurales donde estas fuentes son casi nulas.

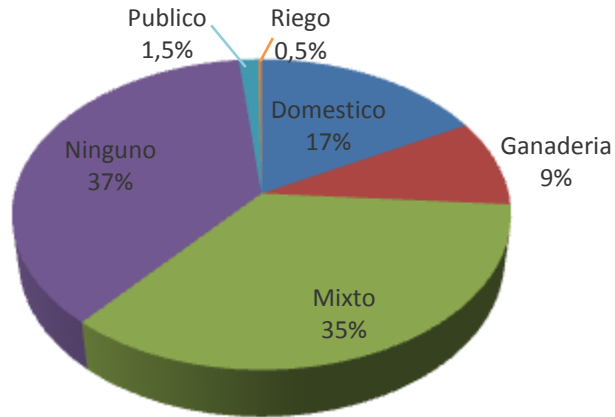
Grafica 1.2 Modo de extracción



Fuente: Fuente: Inventario general de captaciones subterráneas de las cuencas del departamento de La Guajira, CORPOGUAJIRA 2006.

De la Grafica 2, como es de esperarse el modo de extracción menos usado por la comunidad del municipio de Maicao, es por el sistema de bombas con un 8%, debido a algunas variables como, la disponibilidad de energía para el sistema, los costos que ello requiere, la demanda de agua para un fin determinado, entre otros. Otro de los métodos mecánicos utilizados para la extracción de agua es el de Sistemas de molinos de viento con un 34%, el cual es muy empleado en la zona rural del municipio, que con respecto al sistema por bombas no se requiere energía eléctrica, lo que lo hace muy atractivo para estas comunidades faltas de este servicio en un alto porcentaje. Con un 42% el método utilizado para la extracción es de forma manual, el cual se emplea utilizando un sistema de poleas tirado por cuerdas en lo alto del pozo. Y con un 16% ningún método.

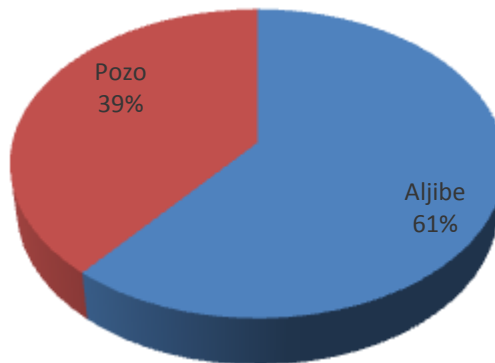
Grafica 1.3 Uso del agua



Fuente: Fuente: Inventario general de captaciones subterráneas de las cuencas del departamento de La Guajira, CORPOGUAJIRA 2006.

De la Grafica 3, se puede deducir que la minoría del uso de agua es para riego de cultivos con 0.5%, como es claro en la zona no hay una gran tendencia agrícola que incida directamente en el uso de agua, a diferencia de la ganadería que presenta un mayor índice con el 9%, la cual abastece a el ganado caprino en su mayor porcentaje y el bovino con una menor relevancia. En cuanto al uso mixto con un 35%, es el utilizado para suplir las diferentes necesidades básicas del diario vivir, como también para realizar las diferentes practicas tanto agrícolas como ganaderas. En cuanto al uso público que se le da a estas fuentes es muy mínimo con apenas un 1.5%. Y con un sorprendente 37% a estas fuentes no se le tiene un uso determinado muy posiblemente a que estos pozos se encuentran abandonados.

Grafica 3.4 Tipo de captación



Fuente: Fuente: Inventario general de captaciones subterráneas de las cuencas del departamento de La Guajira, CORPOGUAJIRA 2006.

Como es claro en la Grafica 4, se detalla que mayor tipo captación es el de aljibes con el 61%, puesto que su costo es menor comparado con el pozo, y también porque la disposición de agua se encuentra a menor profundidad lo que lo hace más apetecible dependiendo del tipo de necesidad de la comunidad, y en una menor proporción pero no despreciable porcentaje se tiene a los pozos con un 39%.

1.6 GEOFÍSICA

Ejecución de sondeos eléctricos verticales paramétricos

Tomado del estudio: Construcción del modelo geoelectrico del sistema hidrogeológico superficial del municipio de Maicao. CORPOGUAJIRA 2005.

Dentro de los 87 sondeos eléctricos verticales realizados durante la fase de campo, se ejecutaron 3 sondeos eléctricos verticales paramétricos. Estos se realizaron en los pozos Patajatamana ubicado dentro del área de estudio, Hospital nuevo ubicado en el casco urbano del municipio de Maicao y La Gloria ubicado en el sector de La Gloria corregimiento del municipio de Manaure, estos sondeos paramétricos se elaboraron para amarrar la información obtenida por medio de un método indirecto como son los sondeos eléctricos verticales, con un método directo como lo es la perforación de pozos, en los cuales se analiza el agua que se extrae de los mismos y se arma la columna litológica con información más exacta.

La interpretación de los sondeos eléctricos verticales de referencia se realizó utilizando el programa IPI2win, obteniendo una estratificación geoelectrica y las resistividades verdaderas de cada capa, para cada sondeo paramétrico.

A partir de la correlación realizada a los sondeos de referencia y la información generada en la zona, se realizó una clasificación del agua según su conductividad, y una correlación hidrogeológica para los valores de resistividad de cada sondeo eléctrico de referencia. En la tabla 3.2 se presenta la clasificación del agua según su conductividad eléctrica y en la tabla 3.3 se muestra la correlación hidrogeológica de cada sondeo eléctrico paramétrico.

Tabla 1.3 Clasificación del agua según su conductividad eléctrica

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (μ S/cm)	CLASIFICACIÓN
>17050	Salada
8528 – 17050	Muy Salobre
4264 – 8528	Salobre
2000 – 4264	Moderadamente Salobre
1800 – 2000	Débilmente dulce

<1800	Dulce
-------	-------

Fuente: Construcción del modelo geoelectrico del sistema hidrogeológico superficial del municipio de Maicao. CORPOGUAJIRA 2005.

Tabla 1.4 Correlación hidrogeológica de los sondeos de referencia

Valor de Resistividad (ohm-m)	Correlación hidrogeológica
≤6	Sedimento con agua salobre o salada
6 – 10	Sedimentos con agua salobre a Moderadamente salobre
> 20	Sedimento con agua Débilmente dulce a dulce

Fuente: Fuente: Construcción del modelo geoelectrico del sistema hidrogeológico superficial del municipio de Maicao. CORPOGUAJIRA 2005.

INTERPRETACIÓN HIDROGEOLÓGICA

Tomando como base los cortes geoelectricos y los mapas de isorresistividad generados de la interpretación físico-matemática de los sondeos eléctricos verticales, y de la correlación hidrogeológica de los sondeos eléctricos verticales de referencia, se determinó la situación hidrogeológica del subsuelo en la zona de estudio de la siguiente manera:

➤ **Cortes geoelectricos.**

Para la zona de estudio se elaboraron 26 cortes geoelectricos en diferentes direcciones, para poder mostrar la ubicación de las diferentes unidades geoelectricas con sus correspondientes valores de resistividad y su correlación hidrogeológica.

El acuífero Cuaternario en la cuenca baja del río Carraipía – Paraguachón está cubierto localmente por unidades de alta resistividad, de 50 a 100 ohm-m, correspondientes a sedimentos arenosos secos y unidades de baja resistividad, aproximadamente 5 ohm-m, los cuales pueden correlacionarse con sedimentos arcillosos, como lo muestran los

cortes $A_1 - B_1$; $C_1 - D_1$; $E_1 - F_1$; $G_1 - H_1$; $A_2 - B_2$ y $C - D$. Esta información ha sido verificada a partir de las observaciones realizadas al pozo Patajatamana ubicado en corte $G_1 - H_1$.

Para la zona saturada, se observa una unidad geoelectrica poco profunda (60 metros) ubicada sobre la margen del río con resistividades mayor que 20 ohm-m. Esta resistividad se correlaciona con sedimentos que contienen agua débilmente dulce a agua dulce, como se puede ver en los cortes $M_1 - N_1$; $W_1 - X_1$ y $Y - Z$. Esto se pudo confirmar con los pozos P22, P41 y P43. Debajo de esta capa de poca profundidad se encuentra una unidad geoelectrica con resistividades entre 10 y 6 ohm-m, correlacionándose estas resistividades con sedimentos que contienen agua moderadamente salobre a agua salobre. Este último rango de valores de resistividad predomina, en términos generales, hasta la profundidad correspondiente a la máxima separación de los electrodos de corriente (179,2 m).

En las zonas alejadas de la margen del río, el subsuelo presenta resistividades que varían entre 10 y 6 ohm-m, las cuales pueden corresponder a sedimentos saturados con agua de moderadamente salobre a salobre como se evidencia en los modelos $O_1 - P_1$; $I_1 - J_1$; $A_2 - B_2$; $A - B$; $Q_1 - R_1$, Esta resistividad está de acuerdo con la situación mostrada por los pozos P45, P46, P40, P19, P20, P23, P24 y P25.

1.7 HIDROQUÍMICA

1 Química

Dos tipos de agua predominan en Maicao: el primero corresponde a aguas bicarbonatadas cálcicas de baja mineralización, obtenidas en los pozos del Cretácico y en las captaciones del Cuaternario ubicadas en cercanías al cauce actual del río Carraipía. Estas muestras son del mismo tipo que la del río Carraipía (R01 y R02), aunque levemente enriquecidas en sodio y cloruro, posiblemente debido al lavado de sales depositadas en el suelo. La similitud entre las aguas de estos pozos y la del río sugiere no sólo la recarga desde éste, sino también que la infiltración es relativamente rápida (poco tiempo para disolución de minerales). Lo último no es de extrañar en el Acuífero Cretácico, pues su porosidad predominante es secundaria (fracturas).

El segundo tipo de agua, el cual predomina hacia el sector noreste y norte del área de estudio, corresponde a aguas cloruradas sódicas. Estos dos sectores del área de estudio son precisamente los más cercanos a la línea de costa actual (el Golfo de Venezuela se halla de Paraguachón a veinte kilómetros). A este tipo de agua pertenecen el pozo del Terciario (la Formación Monguí es marina) y los pozos del Cuaternario relativamente alejados del cauce actual del río Carraipía.

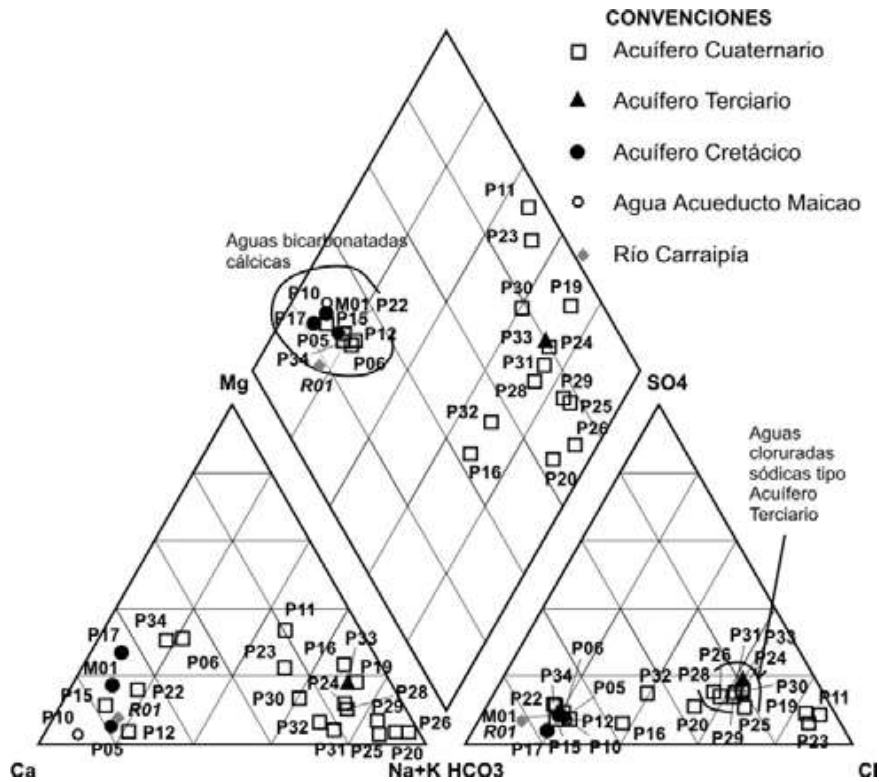


Figura 1.4 Diagrama de Piper, zona de Maicao.

Cabe destacar los bajos valores de nitratos y nitritos encontrados en los pozos P28, P29 y P30 ($\text{NO}_3^- < 1.7 \text{ mg/L}$ como NO_3^- , $\text{NO}_2^- < 0.02 \text{ mg/L}$ como NO_2^-). Estos pozos se ubican en la zona urbana, y siguen la tendencia encontrada por CORPOGUAJIRA en más de veinte pozos evaluados en la ciudad de Maicao. La profundidad del nivel freático allí suele estar entre 25 y 35 metros. Si se tiene en cuenta que las especies nitrogenadas en el agua subterránea pueden servir como indicador de contaminación por aguas residuales domésticas, y que al año 2002 el casco urbano de Maicao prácticamente carecía de cualquier red de alcantarillado, entonces se deduce que al menos la conductividad hidráulica vertical de los sedimentos cuaternarios es muy baja.

Entre los días 1 y 26 de diciembre de 2003 (época de lluvias) se muestrearon de nuevo los pozos P26, P28, P29, P30 y P33, no encontrándose cambios significativos en la química.

Deuterio y oxígeno-18

La Línea Meteórica Local preliminar obtenida en el presente estudio para Maicao tiene por ecuación:

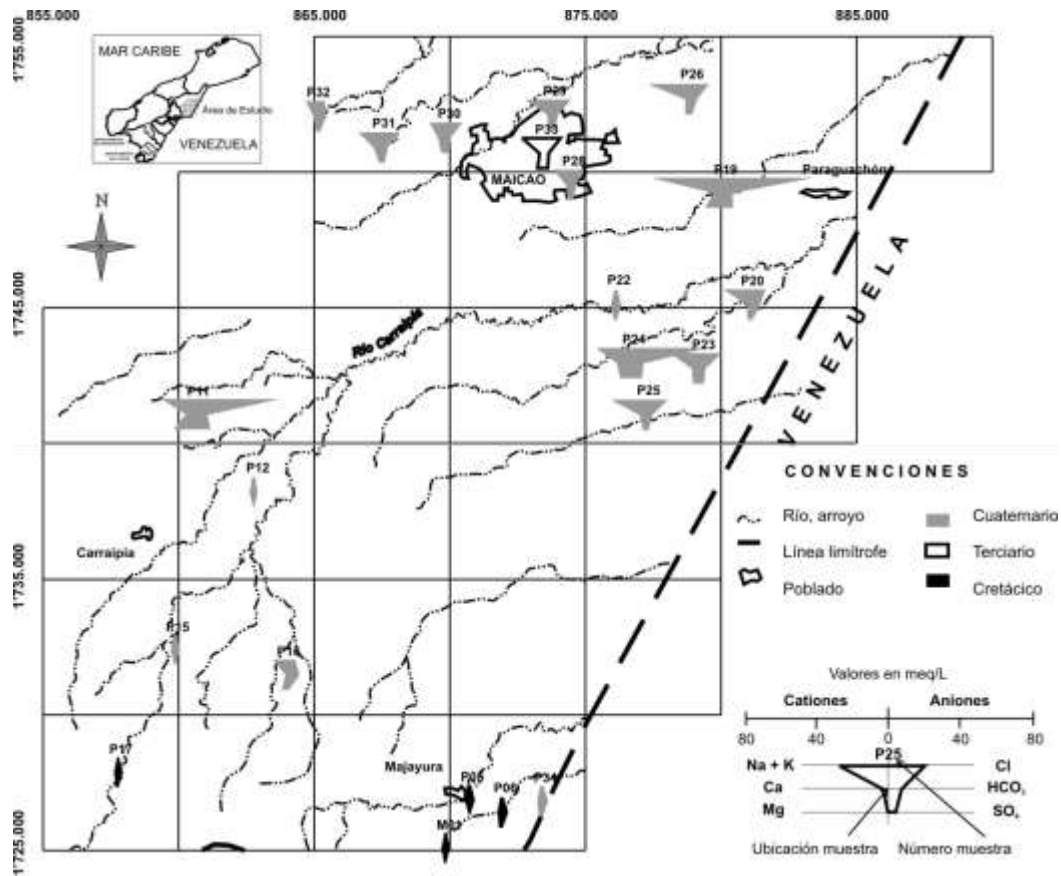


Figura 1.5 Diagramas Stiff, muestreos químicos, Maicao.

$$\delta^2H = 8.55\delta^{18}O + 13.07$$

Similar a la ecuación de la Línea Meteórica Global (GMWL) estimada por Rozanski et al., 1993:

$$\delta^2H = 8.17(\pm 0.07)\delta^{18}O + 11.27(\pm 0.65)$$

Las anteriores líneas meteóricas, al igual que los demás análisis realizados en el presente trabajo son presentados en la Figura 6. En términos generales, las muestras de los pozos y del río Carraipia se ajustan bien a la Línea Meteórica local. Dos grupos de aguas (arbitrariamente denominados A y B) se diferencian isotópicamente:

El Grupo A presenta concentraciones isotópicas que varían entre -4.2‰ y -3.5‰ para el oxígeno-18, y entre -22.2‰ y -18.7‰ para el deuterio.

Los valores de exceso de deuterio (d) fluctúan entre 9.2‰ y 12.3‰ , siendo su valor promedio 10.3‰ , con una desviación estándar de $\pm 1.1\text{‰}$. Una muestra del río Carraipía (Fig. 3.5), analizada en 1974 (Huguett, 1988) arrojó una composición isotópica similar a los valores obtenidos para este grupo. Esto significa que al menos una parte importante del agua subterránea correspondiente a los pozos del Grupo A tiene su origen en las aguas de escorrentía superficial. El Grupo B muestra concentraciones isotópicas en el rango -

4.3‰ a -4.8‰ para el oxígeno-18, y -25.0‰ a -29.8‰ para el deuterio. Los valores de exceso de deuterio (d) varían de 6.8‰ a 11.3‰ , siendo su valor promedio 9.2‰ , con una desviación estándar de $\pm 1.1\text{‰}$. En este grupo se incluye la muestra P33, la cual procede del acuífero Terciario.

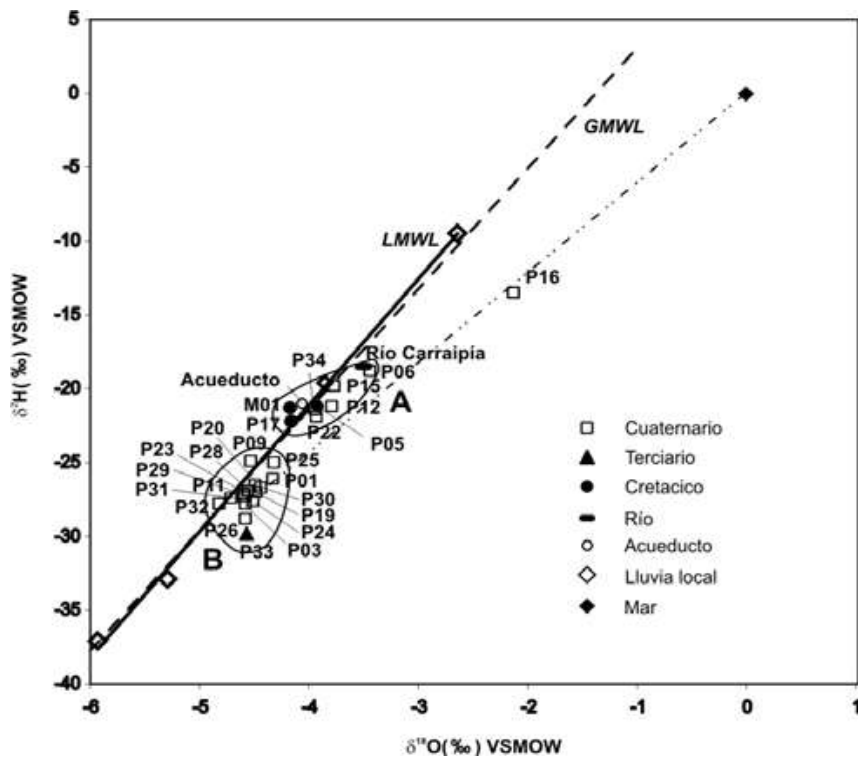


Figura 1.6 Deuterio y oxígeno 18, área de Maicao.

Una razón probable que explique el empobrecimiento isotópico del Grupo B respecto del A es que las condiciones climáticas inherentes al proceso de recarga para cada grupo hayan sido lo suficientemente diferentes como para imprimir firmas isotópicas distintas. Cualquier cambio climático significativo durante un periodo de tiempo largo comparado con el tiempo de duración de las variaciones estacionales locales, dará lugar a un cambio en el contenido de deuterio y oxígeno-18 (Gat, J.R. y Gonfiantini R. 1981). Si bien no se conoce una reconstrucción del paleoclima en la zona de estudio, se sabe que el último cambio climático a escala mundial tuvo lugar hace 5000 años (Rognon, 1976; Rognon y Williams, 1977). Numerosos trabajos en acuíferos conteniendo paleoaguas revelan contenidos de deuterio y oxígeno-18 más negativos comparados con acuíferos cercanos y de recarga reciente. Por tanto, en forma preliminar se podrían asociar las muestras del Grupo B con aguas más antiguas respecto a las muestras del Grupo A. Todas las muestras que conforman el Grupo A son de tipo bicarbonatada cálcica de baja mineralización (pozos del Acuífero Cretácico y pozos del Acuífero Cuaternario ubicados cerca del cauce actual del río Carraipía).

Datación (tritio y radiocarbono)

Como se sabe, el tritio (^3H) es el isótopo del hidrógeno de número de masa 3. Es un radioisótopo emisor beta negativo de baja energía, con una vida media de desintegración de 12.43 años (Unterweger et al., 1980). Debido al origen reciente del tritio termonuclear y a su corto período de semidesintegración, el tritio se utiliza en Hidrogeología para identificar aguas modernas; sobretodo aguas infiltradas en el subsuelo a partir del año 1952.

Los niveles actuales de tritio en el agua lluvia en latitudes bajas están llegando al límite inferior de detección de las técnicas analíticas empleadas rutinariamente para la medición de este radioisótopo. Al momento de editar este informe no se disponía de valores de tritio para el agua lluvia en Maicao, pero un Proyecto similar realizado en el acuífero de Morroa (Sucre) reporta para el año 2002 valores de tritio de 1.49 UT.

Desde un punto de vista cualitativo, se puede afirmar que las muestras procedentes de los pozos P01, P09, P19, P29 y P32 del acuífero Cuaternario, y P33 del acuífero Terciario tienen un tiempo promedio de residencia superior a 50 años de antigüedad. Todos estos pozos hacen parte del Grupo B (Fig. 3.5). De otro lado, los pozos P12 y P15 del Cuaternario (ubicados a pocos metros del cauce actual del río Carraipía) y P05 y P17 del acuífero Cretácico, así como el manantial (M01) del acuífero Cretácico, muestran al menos una fracción importante de agua reciente. Estas muestras tienen la característica común de pertenecer al Grupo A (Fig. 3.5), y ser aguas bicarbonatadas cálcicas de baja mineralización.

Análisis de radiocarbono (^{14}C) en el carbón inorgánico disuelto han sido llevados a cabo en numerosos estudios de hidrogeología con el fin de estimar la edad promedio de las aguas subterráneas, en acuíferos donde se estima tener una componente importante de al menos varios cientos de años de antigüedad. El radiocarbono es un emisor beta negativo de baja energía. El valor más aceptado de su vida media es 5730 ± 30 años (Walton, 1967).

Las muestras que presentan una actividad de ^{14}C superior a 100 pMC (P12 y P15), con

seguridad corresponden a aguas recientes, infiltradas después del inicio de ensayos con bombas termonucleares. Las muestras P05 y M01 también parecen ser recientes, aunque con alguna componente de mayor edad. Estos resultados son coherentes con la información aportada por el tritio.

Se han desarrollado modelos que han evolucionado desde simples tratados estadísticos hasta modelos geoquímicos cada vez más complejos, con el fin de determinar los factores ajenos a la desintegración radiactiva, que determinan la actividad de ^{14}C finalmente medida en las muestras.

Por ejemplo, la disolución de calcita y dolomita por parte del agua subterránea a datar, diluye la concentración de ^{14}C dando como resultado edades más “viejas” que las reales (se asume que el carbono inorgánico disuelto proveniente de la calcita no debe presentar actividad alguna de radiocarbono). Para verificar si este fenómeno se da en los acuíferos de Maicao, es necesario recurrir al carbono-13.

Por definición, los carbonatos de origen marino tienen un valor de $^{13}\text{C} = 0 \text{ ‰}$. El valor de ^{13}C para aguas infiltradas que están alcanzando la zona saturada, y que provienen de una zona de recarga con vegetación con ciclo fotosintético C_3 (como la que existe en la Serranía de Perijá), está alrededor de -15 ‰ . Por consiguiente, si el agua a datar ha diluido carbonatos marinos en forma significativa, el conjunto de muestras analizadas debe mostrar una correlación inversa entre la actividad de ^{14}C y la concentración de ^{13}C ; es decir, que las muestras con actividades menores del radiocarbono a su vez deben mostrar un enriquecimiento en ^{13}C (valores cercanos a 0 ‰), éste no es el caso para las muestras analizadas en este estudio.

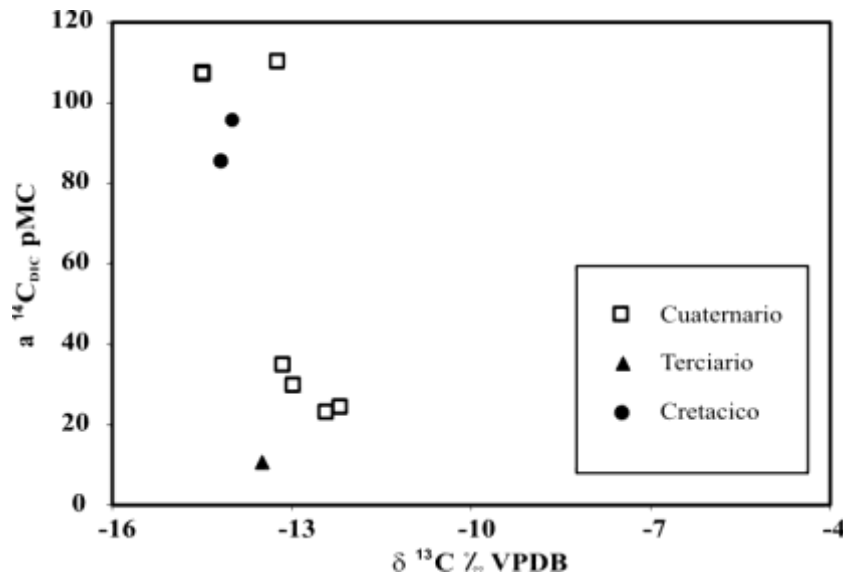


Figura 1.7 Relación carbono 13 vs carbono 14, zona de Maicao.

Como la dilución de carbonatos marinos en las aguas a datar parece no jugar un papel importante en Maicao, simplemente se utilizó la ecuación básica de desintegración radioactiva del ^{14}C para tener una aproximación al tiempo de residencia promedio de las muestras.

Como era de esperarse, la actividad más baja corresponde al pozo del acuífero Terciario. Llama la atención la antigüedad de las muestras P01, P09, P19, P29 y P32 (más de 7000 años). Estas muestras tienen en común no tener actividad de tritio, y presentar un contenido en deuterio y oxígeno-18 más negativo, respecto a muestras de edad reciente analizadas en este informe.

1.8 HIDROGEOLOGÍA

A continuación se describirán las unidades hidrogeológicas que se encuentran en la zona de estudio, expuestas en el RESUMEN DEL ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DE LA BAJA GUAJIRA realizado por Alcides Hugett Granados³.

CONJUNTO CUATERNARIO (Q)

Los sedimentos cuaternarios representan el acuífero más explotado en el municipio de Maicao. Se estima que de 508 captaciones existentes, el 90% estaría captando aguas de estos sedimentos. Esta unidad hidrogeológica se encuentra conformada por todos los sedimentos cuaternarios que constituyen la parte plana de la zona de estudio. Litológicamente se compone hacia el techo de arenas lodosas, arenas cuarzosas de grano muy fino a grueso y de gravas y guijarros constituidos por areniscas calcáreas y no calcáreas. Hacia la base aparecen arenas arcillosas y arcillas areno-limosas. El espesor total de la unidad varía de 50 a 70 m y su ambiente de depositación es continental.

Estructuralmente la unidad hidrogeológica, se encuentra en capas horizontales que tiene una porosidad primaria y moderada permeabilidad, desarrollando acuíferos libres de carácter regional, conocidos como acuíferos freáticos y que localmente presenta semiconfinamientos. Su fuente principal de recarga es el agua lluvia infiltrada directamente, y en menor proporción las provenientes de las corrientes superficiales que en la mayor parte de la Guajira, son torrenciales y efímeras.

En general el agua subterránea almacenada en esta unidad se considera salobre, con un contenido en cloruros entre 600 y 1000 ppm, exceptuándose las zonas aledañas a la línea de costa donde el agua es salada y las márgenes de algunos ríos que fluyen la mayor parte del año.

El agua proveniente del Cuaternario usualmente presenta una alta mineralización (conductividades eléctricas por encima de 2000 μ S/cm). Las pruebas de caudal

³ Huguett H, A. Resumen del estudio hidrogeológico de la media y baja Guajira, 1988.

constante de poca duración (inferiores a 12 horas de bombeo) que generalmente realizan las empresas perforadoras privadas, indican valores de transmisividad en el rango de 1 a 500 m²/día. Hasta el momento, no se han estimado valores de coeficiente de almacenamiento, pero algunas empresas indican un semiconfinamiento a escala muy local. No obstante, en términos generales, podría afirmarse que el acuífero Cuaternario es de tipo libre.

El agua presenta una conductividad inferior de 700 μ S/cm lo que, desde el punto de vista de la salinidad, la hace apta para consumo humano. Pruebas de bombeo realizadas a los pozos del acueducto han dado valores de transmisividad entre 292 y 1172 m²/día, y coeficientes de almacenamiento del orden de 5×10^{-3} .

La porosidad del acuífero es secundaria (fracturas) y el sistema parece ser muy dinámico, con aguas muy recientes.

CORTE I

De otro lado, sólo se conoce la dirección del flujo regional para el acuífero Cuaternario (**figura 4**). En términos generales, el agua se desplaza en sentido suroeste a noreste, pero se esperan variaciones significativas a escala local. Se estima que la dirección del flujo regional del acuífero Terciario presente una configuración similar.

ACUÍFERO CUATERNARIO:

Hay dos tipos de agua: La primera dulce, bicarbonatada cálcica (CE < 1500 mS/cm). Se encuentra en una franja adyacente al cauce del río Carraipía – paraguachón. Edad reciente. Son cuerpos de agua muy pequeños.

La segunda salobre, clorurada sódica (CE > 2000 mS/cm). La salinidad aumenta hacia el sector nororiental. Edad antigua (mayor que 2000 años).

Acuíferos de porosidad primaria

- Depósitos de cauce aluvial (Qca). Sedimentos sueltos de composición areno-arcillosa
- Depósitos de dunas (Qd). Acumulación de arenas eólicas

- Depósitos de llanura aluvial (QII). Sedimentos semiconsolidados fundamentalmente arcillo-arenosos a arcilloso. Presenta mayor aporte de arenas retrabajadas.

CONJUNTO TERCIARIO (Tpm)

Pocos pozos captan agua de la Formación Monguí (Tpm), e incluso menos cuentan con filtros emplazados exclusivamente en este acuífero. Hacia el sector del casco urbano de Maicao (sector norte del área de estudio) el agua proveniente de este acuífero está muy mineralizada, observándose conductividades eléctricas del orden de 3000 μ S/cm y mayores. Hacia la zona de recarga de este acuífero (sur del área de estudio) el agua es dulce (conductividades eléctricas inferiores a 1000 μ S/cm). En la zona de recarga el acuífero se comporta como libre, estimándose una transmisividad de 53 m²/día [5]. Hacia la zona norte no se conocen datos sobre coeficiente de almacenamiento; no obstante, la mayoría de los niveles estáticos medidos en pozos alrededor del casco urbano de Maicao, con filtros ubicados exclusivamente en la formación Terciaria, indican confinamiento.

La unidad hidrogeológica de edad terciario superior que se encuentra en este caso por debajo del cuaternario, está representada por la formación Monguí. Esta formación es de ambiente marino poco profundo, constituidas por rocas sedimentarias poco friables con porosidad primaria y permeabilidad moderada a alta. Litológicamente consiste en gruesas intercalaciones de arcillolitas arenosas cuarzosas, de grano fino a muy grueso, de color gris azulado; de areniscas calcáreas de grano medio a muy grueso, a veces ligeramente conglomeráticas con restos fósiles y esporádicamente pirita y arcillolitas de color gris azulado.

ACUÍFERO TERCIARIO: En los primeros 150 metros de profundidad hay agua predominantemente salobre. Las aguas son antiguas (de más de 7000 años). Recarga nula. Sólo en el sur hay agua dulce (en cercanías de la Serranía de Perijá). Por ahora se desconoce la potencialidad de este acuífero a más de 150 metros de profundidad. Cinco pozos de observación hasta 200 metros de profundidad serán construidos en el año 2012.

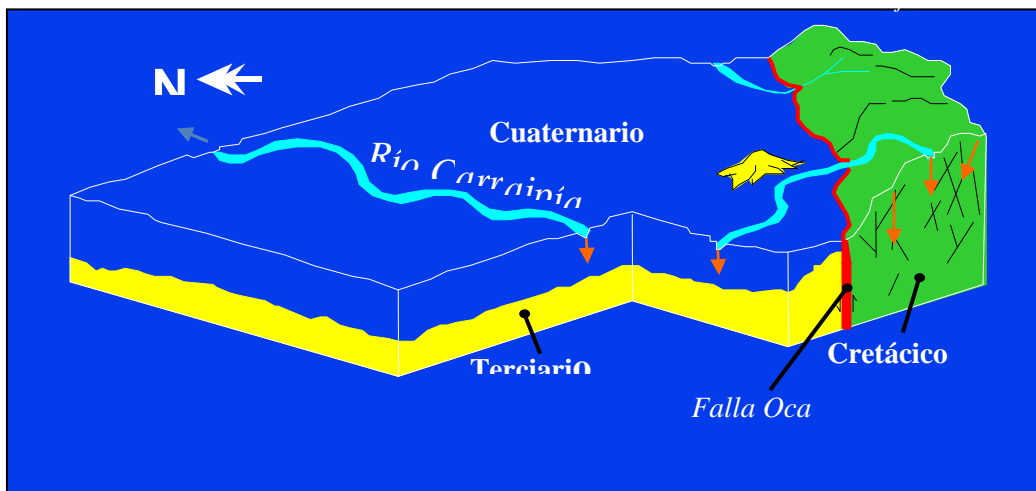
ACUÍFERO CRETÁCICO: La presencia de tritio y la alta actividad de radiocarbono en las muestras procedentes de las calizas de la Serranía de Perijá confirman el carácter dinámico del acuífero Cretácico (recarga reciente). Su baja mineralización, y la ausencia de grandes conglomerados humanos asentados en la zona de recarga, aseguran por ahora una calidad del agua aceptable para consumo humano. Sin embargo, la productividad de los pozos allí construidos es baja (interferencia entre pozos).

Las calizas del Cretácico representan por ahora el acuífero más promisorio desde el punto de vista de suministro de agua dulce a la población de Maicao. De hecho, el 70% (100 litros/segundo) del agua que se desplaza por la red de suministro público proviene de dos pozos construidos en esta unidad geológica.

CONJUNTO CALCÁREO (Ksc)

Compuesto por una secuencia de rocas sedimentarias compactas con porosidad secundaria por fracturamiento y disolución y permeabilidad baja, constituida por caliza, chert, arcilla calcárea e intercalaciones de arenisca con concreciones calcáreas, depositadas en un ambiente marino durante el cretáceo. Esta unidad corresponde a lo que se conoce como el grupo calcáreo y aflora únicamente hacia el extremo sur oriental del área de estudio aledaña a la falla de Oca.

La importancia hidrogeológica de la unidad se debe al hecho de estar afectada tectónicamente por la falla de Oca, convirtiéndose en una zona de infiltración profunda de agua lluvia, a través posiblemente de sus fracturas y a través de la misma zona de falla.



Modelo Hidrogeológico Conceptual de Maicao.

1.9 VULNERABILIDAD INTRÍNSECA DE LOS ACUÍFEROS A LA CONTAMINACIÓN

Índice DRASTIC

PROFUNDIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA (D)

Este factor fue estimado por medio de visitas de campo, en el marco de la actualización del inventario de pozos y aljibes realizado por CORPOGUAJIRA en el año 2006. Aquí se tomaron niveles estáticos del agua subterránea de cada captación encontrada (508 en total) con el fin de determinar dicho factor. Una vez obtenidos y georeferenciados (con navegador con precisión de +/- 5 metros) estos datos fueron clasificados en diez rangos, desde cero hasta >27, en donde se atribuyeron valores de diez para las profundidades entre $0 \leq 3$ y cero a profundidades > 27 , para ubicarlos posteriormente, en un mapa interpolando estos valores con el propósito de sumar este factor con los demás, en un SIG.

RECARGA NETA (R)

Para la evaluación cualitativa de esta variable se tuvo en cuenta la edad de las aguas subterráneas. En análisis isotópicos realizados por CORPOGUAJIRA con el auspicio del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) en captaciones pertenecientes al Cuaternario conformado por depósitos de llanura aluvial (QII) en donde se hicieron dataciones de Carbono 14, revelaron edades muy antiguas en el orden de los 10000 años, lo que podría indicar que sistema hidrogeológico no es dinámico y por consecuencia tendría una recarga nula, la cual recibiría una valoración de 1 al igual que los depósitos de dunas (Qd). Debido a esto, las formaciones QII y Qd se representaron en el mapa como si fueran un solo cuerpo puesto que desde este punto de vista se consideran de igual condiciones.

En captaciones cercanas al río Carraipía se encontraron edades mucho más recientes lo mismo que captaciones estudiadas, bajo los métodos ya mencionados, en la formación cretácica. Aunque esta última se le asigno un valor mayor debido a no presentar ningún tipo de cubrimiento y poseer una porosidad secundaria, típica característica de estas rocas.

En la elaboración del mapa de esta variable se le asignó una recarga reciente a los depósitos de cauce aluvial encontrados en la zona con una valoración de 8 y con 10 a los afloramientos del grupo calcáreo debido a características ya mencionadas.

Con relación al acuífero terciario, se remitió a juzgar una recarga con una valoración de 2 deducida por la composición litológica de los afloramientos presentes en la zona de estudio ya que esta, por ser principalmente arcillosa, no permite el ingreso o la infiltración de las aguas en el acuífero.

TIPO DE ACUÍFERO (A)

Para la determinación de este factor se tuvieron en cuenta las formaciones geológicas yacentes en el área de estudio las cuales tienen características hidrogeológicas diferentes. Se construyó un mapa modificando el mapa geológico de la zona de estudio escala 1: 100000, asignándole un valor de 2 a la formación Monguí por estar conformado por materiales que favorecen poco a un aprovechamiento óptimo del acuífero tales como las ya mencionadas en la variable anterior.

El Conjunto Calcáreo (Ksc) de edad cretácica aflorando al sur del municipio fue valorado con 10 por poseer una porosidad secundaria, típica en este tipo de formaciones.

Se encontraron tres depósitos pertenecientes al cuaternario: QII, Qac y Qd en donde la mayor valoración fue obtenida por el cuaternario conformado por depósitos de cauce aluvial (Qac) con un ocho, seguida de los depósitos de dunas (Qd) por estar compuestas por arenas eólicas con un seis y por último los depósitos de llanura aluvial (QII) con un valor de 4 ya que lo constituyen materiales arcillo – arenosos a arcillosos.

TIPO DE SUELO (S)

Aquí se tomaron documentos existentes como fueron mapas de tipo de suelo contenidos en el P.O.T, escala 1: 100.000 con fuente del INGEOMINAS, de la zona rural del municipio de Maicao en conjunto con mapas geológicos de la misma escala, encontrados en estudio de impacto ambiental que está desarrollando una empresa petrolera venezolana llamada PDVSA que tiene como objetivo la construcción de la interconexión de un gasoducto entre Colombia y Venezuela. Fueron encontrados una buena variedad

de materiales los cuales obtuvieron valores de 1 hasta 10 como las arenas y calizas que aparecen sobre la formación calcárea ubicada hacia el norte de la falla de oca. Los suelos encontrados en la mayor parte de la zona fueron arenas cuarzosas a los que les dio una valoración de 8, al igual que los aluviones finos a gruesos encontrados sobre los cauces de los ríos Carraipía y Rancherías, y algunos drenajes que recorren el área. Los menores valores fueron atribuidos a las arcillas arenosas y a las arcillas arenosas eólicas con tres y cuatro respectivamente.

TOPOGRAFÍA (T)

Como primera instancia se realizó el mapa de la variable 'T', escala 1: 100.000, el cual hace alusión a la topografía del terreno como ya se explicó anteriormente. Este producto se obtuvo a través de la digitalización de las curvas de nivel encontradas en mapas topográficos contenidos en el P.O.T del municipio en mención, para posteriormente ingresar estos datos en un SIG y generar un mapa de pendientes. En la asignación de este parámetro se tuvo en cuenta el porcentaje de pendiente que se encontrase en el área la cual se encontró que las valoraciones más bajas estarían en la zona de la serranía de Perijá, puesto que en esta parte se encuentran las mayores elevaciones del municipio con más 700 m.s.n.m, esto se encuentra más exactamente hacia el sur de los corregimientos de Carraipía y La Majayura.

El resto de la zona presenta valores bajos de pendientes y por consiguiente altas valoraciones a la hora de evaluar este factor.

IMPACTO DE LA ZONA NO SATURADA (I)

Es importante la influencia que puede tener el material situado entre la superficie del terreno y el nivel freático (llamado zona vadosa para el caso de los acuíferos libres) en el análisis de la vulnerabilidad y el riesgo de contaminación de un acuífero. Si este material se comporta como un filtro frente a posibles sustancias contaminantes, la vulnerabilidad tenderá a ser baja. En caso contrario, la facilidad de ingreso a la zona saturada de sustancias potencialmente nocivas será grande.

A medida que el material de la zona vadosa esté compuesto en su mayoría por granos de tamaño fino (limo y arcilla), el papel de filtro será más importante. Debido a que en el área de estudio no se cuenta con un gran número de columnas estratigráficas que permitan clasificar este parámetro, en esta investigación se propone utilizar un nivel de

confinamiento para delimitar las zonas vadasas predominantemente arcillosas de las que no lo son. Este índice se obtiene observando el comportamiento de los aljibes en la región.

Por su forma de construcción, un aljibe en un acuífero libre no debería tener una columna de agua de más de dos metros de espesor: Si el aljibe fue excavado en un acuífero dinámico (es decir, el nivel freático oscila en respuesta al régimen de lluvias) en época de “estiaje” de las aguas subterráneas, la columna de agua podría aumentar algunos metros de espesor en la época de recarga, rara vez más de tres. Partiendo de lo anterior, un aljibe con una columna de agua de más de cinco metros de espesor podría ser resultado de algún nivel de confinamiento gracias a la naturaleza de las capas superiores; y entre más grande sea la columna de agua, mayor será el nivel de confinamiento.

Para que exista confinamiento por las capas superiores, éstas deben ser predominantemente arcillosas. Como los depósitos recientes son muy heterogéneos, es normal encontrar zonas donde los estratos más superficiales son en su mayoría arenosos, y zonas donde son preponderantemente arcillosas. Por tal motivo, el seguimiento de la columna de agua en los aljibes podría dar indicios del grado de vulnerabilidad de los acuíferos más superficiales en el municipio de Maicao.

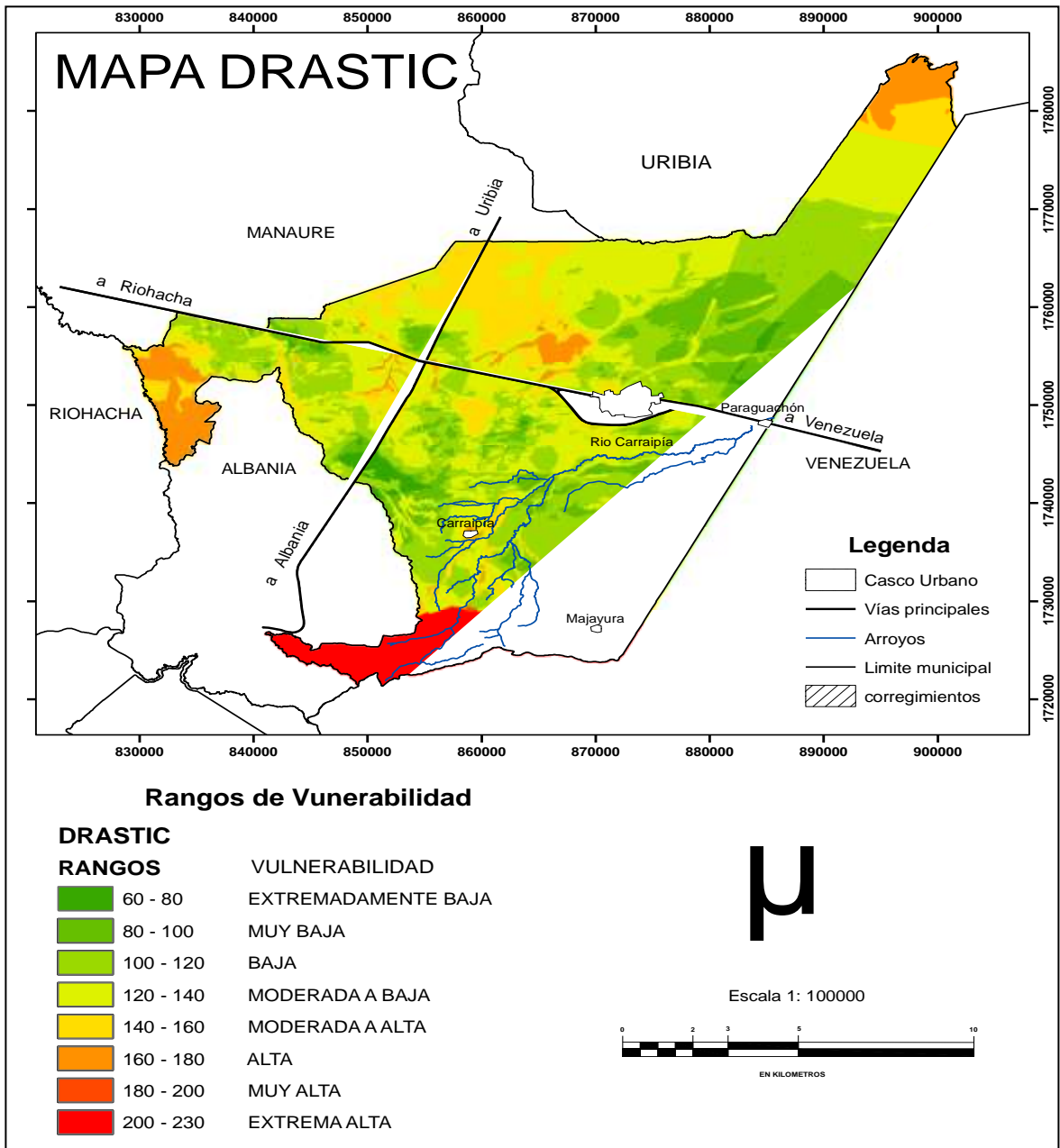
CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA (C)

En este caso, la estimación y evaluación de este factor se hizo con base a estudios hidrogeológicos ya realizados por parte de la Gobernación de La Guajira suministrados por CORPOGUAJIRA. Pruebas de bombeo realizadas en captaciones pertenecientes al acuífero cretácico revelan transmisividades de grandes magnitudes, de los 292 hasta los 1172 m²/día lo que ubica a este rango en la mayor valoración, 10.

El acuífero Terciario posee los valores más bajos del zona y se le dio una valoración de 2 y al Cuaternario de llanura aluvial que mostró transmisividades de 1 a los 500 m²/día recibió un 4. Las dunas por poseer propiedades litológicas que favorecen la transmisión del agua, se les dio un valor de 8 y a depósitos de cauce aluvial un 6 por ser menos transmisivas que las dunas.

MAPA 'DRASTIC'

Figura 2. Mapa de Vulnerabilidad y Riesgo de Contaminación según DRASTIC



Fuente: Construcción del mapa de vulnerabilidad y riesgos de contaminación de las aguas subterráneas en el municipio de Maicao. CORPOGUAJIRA, 2007.

Los grados más altos de vulnerabilidad se obtuvieron sobre el acuífero calcáreo con valores entre 200 y 230 que equivalen a una vulnerabilidad extrema. Esto se vio favorecido por las altas valoraciones que se les atribuyó a los parámetros analizados en ese sector como fueron: el tipo de acuífero, el tipo de suelo, recarga, conductividad, profundidad del agua subterránea y el factor 'I' que para nuestro caso se refiere al nivel de confinamiento, en donde obtuvo una valoración alta. A excepción de la topografía ya que en esta zona las pendientes superan el 18% las cuales se clasificaron con la menor valoración.

Vulnerabilidades altas como las que se encuentran hacia el oeste del municipio, cerca de los límites del municipio de Maicao con el municipio de Riohacha y los que aparecen en cercanías a la carretera que comunica a las poblaciones mencionadas son debidas recargas y niveles de confinamiento con las mayores valoraciones, al igual que casi todos los factores involucrados menos la profundidad del agua subterránea que obtuvo una valoración de tres. Hacia la parte norte del municipio también se encuentra este grado de vulnerabilidad puesto que allí casi todos los factores analizados obtienen los máximos rangos exceptuando la recarga neta la cual fue valorada con dos, lo que evito que esta ocurriera una vulnerabilidad extrema.

Vulnerabilidades moderadas a bajas y moderadas a altas son encontradas en la cuenca Carraipía-Paraguachón gracias a la ocurrencia de suelos con valoraciones altas, recargas recientes, profundidades de agua subterránea pequeñas y a la composición del tipo de materiales que se encuentran en este sector. Esta zona no presenta valores altos de vulnerabilidad por poseer niveles de confinamiento con valoraciones entre 5 y 1, lo que lo diferencio de las vulnerabilidades altas. De igual forma se pueden observar estos mismos valores en gran parte de la zona de estudio, debido a la predominancia de profundidades de agua subterránea altas, tipos de acuíferos compuestos por dunas y por tener una topografía muy plana.

Valores bajos y extremadamente bajos que se observan la figura 2 son causa de los niveles de confinamiento que se encontraron los cuales se les dio una valoración entre uno y tres. Aquí solo la topografía y la conductividad se valoraron con números altos, las otras variables obtuvieron bajos valores.

Índice GOD

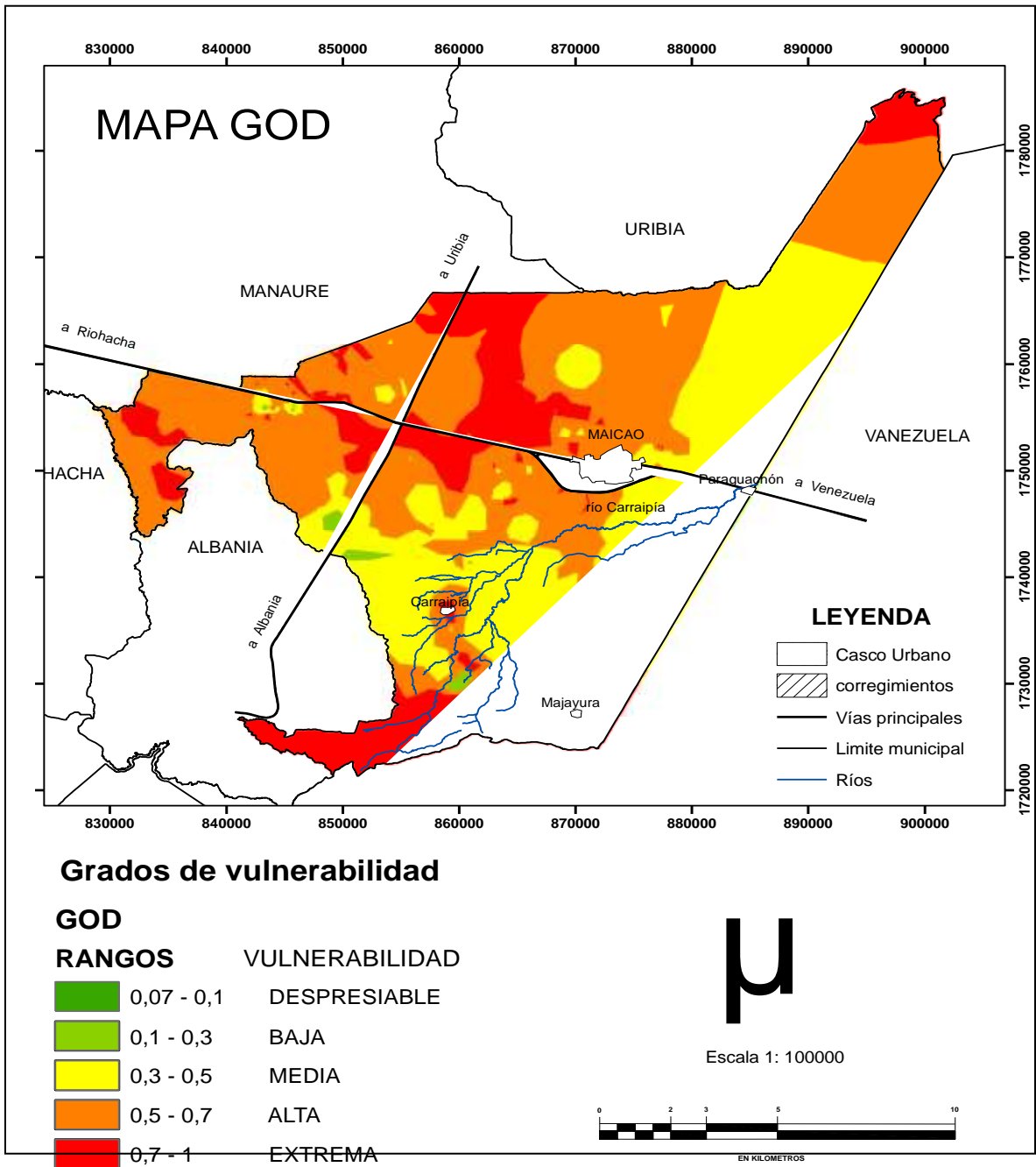
Los valores de las variables 'O' y 'D' fueron tomados de la aplicación del DRASTIC puesto que describen las mismas características, a excepción de G, que solo valora el grado de confinamiento del acuífero. La variable 'O' es comparable con la variable 'I' o zona no saturada que evalúan de forma subjetiva las propiedades litológicas del sustrato que subyace al acuífero.

En este método se utilizaron los mismos mapas de las variables mencionadas generados en el DRASTIC para valorar este índice adaptándolo a los lineamientos que exige esta metodología.

Al igual que el DRASTIC, el GOD también ubica a la zona correspondiente al acuífero calcáreo dentro de una vulnerabilidad extrema lo que también era esperado con la aplicación de este método. Para este caso, aparecen más zonas con vulnerabilidades extremas debido a que solo se evalúan tres parámetros los cuales, en la mayor parte de las áreas obtuvieron valoraciones altas como es visto en la figura 3.

MAPA 'GOD'

Figura 3. Mapa de Vulnerabilidad y Riesgo de Contaminación según GOD.



Fuente: Construcción del mapa de vulnerabilidad y riesgos de contaminación de las aguas subterráneas en el municipio de Maicao. CORPOGUAJIRA, 2007.

Es importante resaltar la forma como en el GOD se clasifica a la variable 'D', puesto que las profundidades comprendidas entre los 5 y los 20 metros obtienen un valor de 0.8 y 0.7 para profundidades entre los 20 y los 50 metros, lo que hace que en este método se obtengan más áreas con vulnerabilidades muy altas, que en el DRASTIC.

Ocupando la mayor parte del municipio de Maicao encontramos vulnerabilidades altas causadas por las características encontradas en las tres variables en donde el 'G' y el 'D' presentan valores entre 0.8 y 1.0; el parámetro 'O' disminuye un poco en estas áreas, lo que ocurre el caso de las vulnerabilidades medias y bajas encontradas.

Las áreas ocupadas por la formación Moguít presentan vulnerabilidades despreciables ya que en esta parte el parámetro 'G' y el 'O' se les dan valores de 0.2 y 0.4 respectivamente obteniendo un valor final de 0.09 lo que la clasifica como despreciable.

En la variable 'G', se encuentran valores máximos en casi toda el área debido a que los cuerpos cuaternarios y el cretácico son considerados como acuíferos no confinados recibiendo una valoración de 1.

Índice SI

Factor LU

El parámetro LU (uso del suelo) de este índice se obtuvo por medio de visitas de campo, reconocimiento de las actividades agropecuarias que allí se realizan en la actualidad. Conjuntamente se visitaron todos los pozos de la zona, 508 en total, en donde se realizó medición de niveles estáticos de agua subterránea con el fin de determinar el factor 'D' (profundidad del agua subterránea) para el método DRASTIC.

Se levantó un mapa de uso actual del suelo, donde se encontraron ciertas actividades como son el pastoreo de ganado bovino en áreas cercanas a los corregimientos de Majayura y Carraipía y zonas de pastoreo de ganado caprino en el área comprendida entre la vía que conduce al municipio de Albania y el peaje Alto Pino, que se encuentra en la carretera que comunica a Maicao con la capital del departamento, Riohacha.

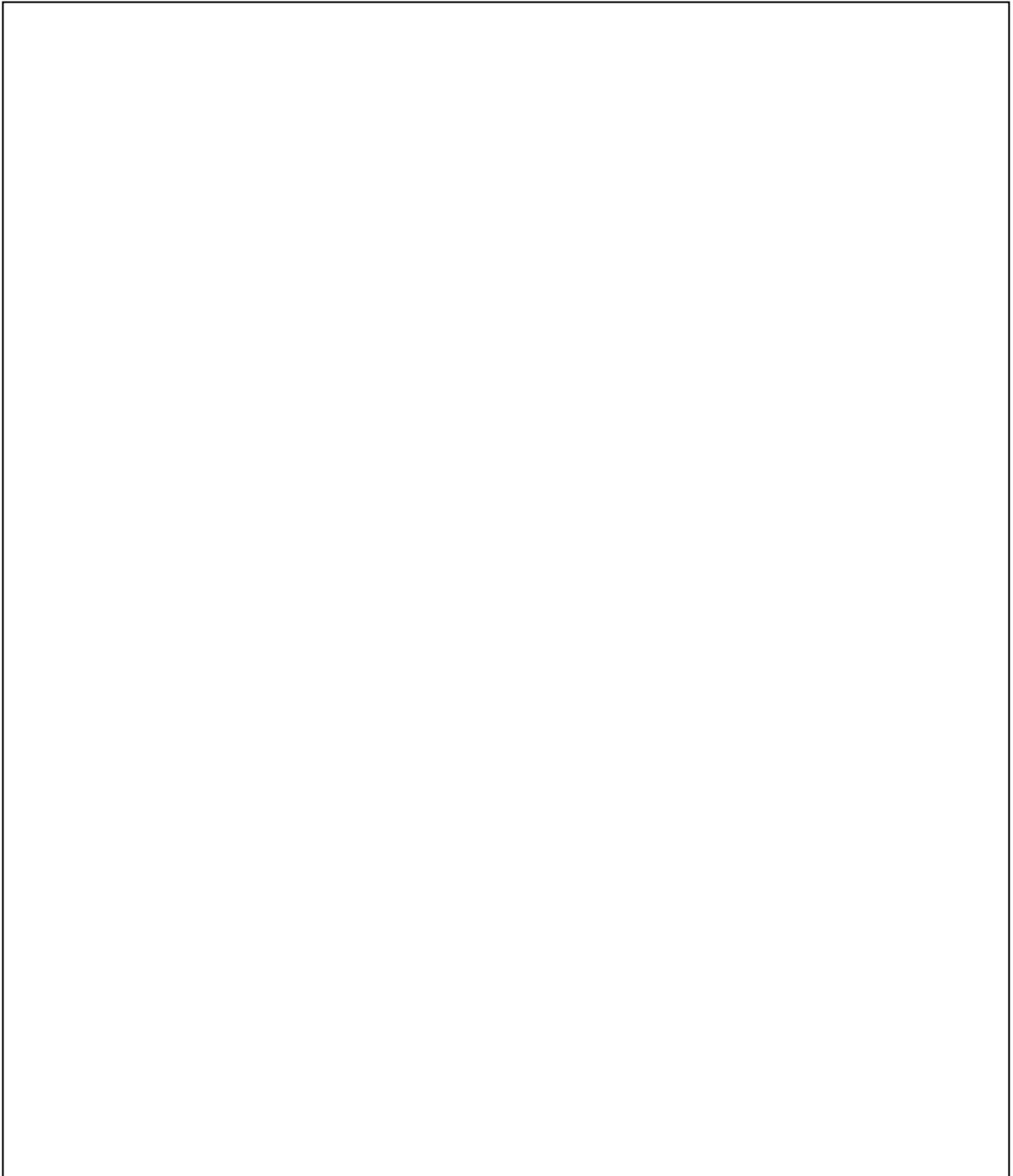
Otros usos actuales de suelo se identificaron en la zona de estudio como el de cultivos, en donde se siembran una buena variedad de productos agrícolas (maíz, yuca, hortalizas, entre otros). Actividades como estas se encontraron en cercanías de los

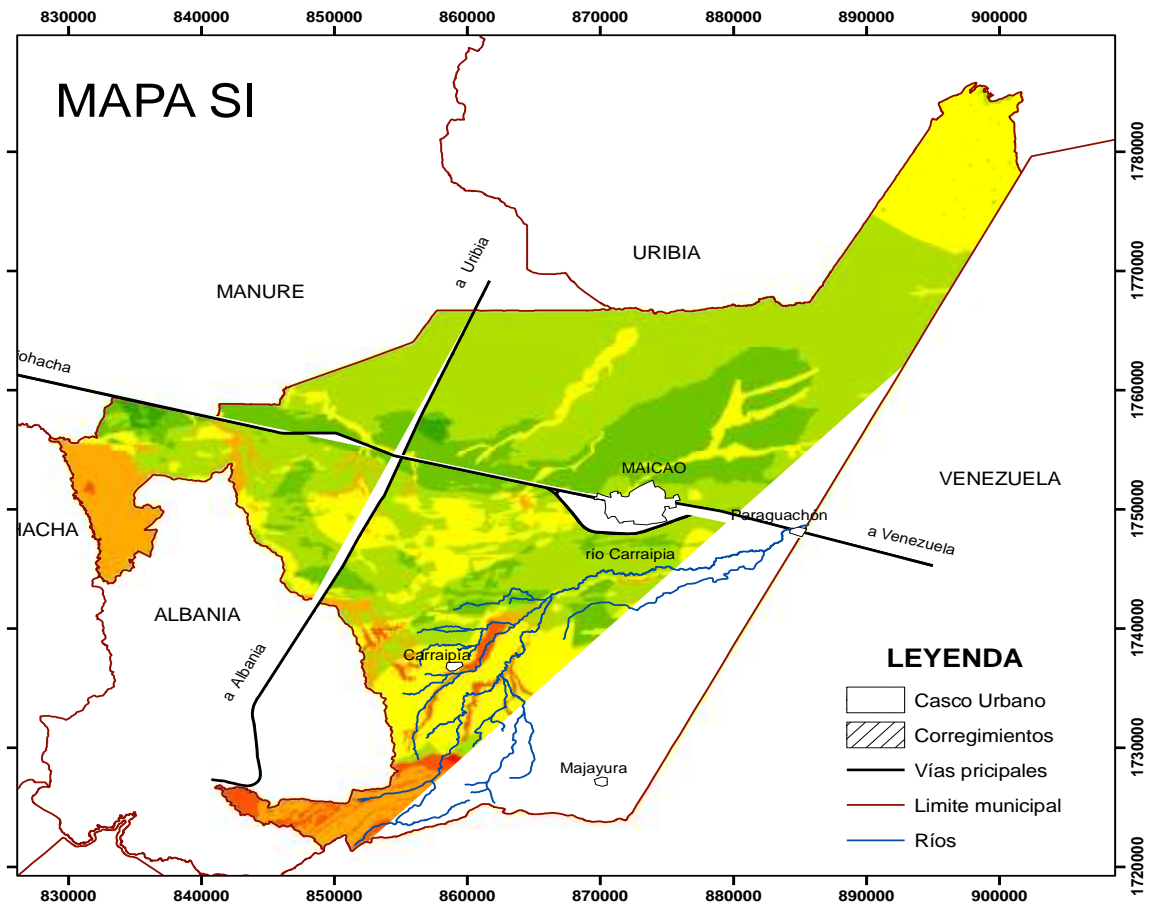
corregimientos de Carraipía y Majayura, y en zonas indígenas como se muestra en el anexo. Estas actividades recibieron una valoración de 50 según la tabla nº 10.

En este caso, las vulnerabilidades más altas aparecen en las zonas del acuífero cretácico en donde se practica la agricultura ya que aquí todas las variables reciben una valoración alta, a excepción de la topografía por presentar pendientes altas.

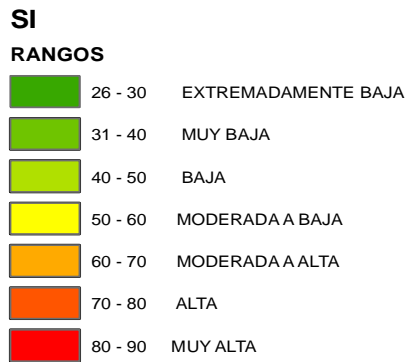
MAPA 'SI'

Figura 4. Mapa de Vulnerabilidad y Riesgo de Contaminación según SI





GRADOS DE VULNERABILIDAD



Escala 1: 100000



Fuente: Construcción del mapa de vulnerabilidad y riesgos de contaminación de las aguas subterráneas en el municipio de Maicao. CORPOGUAJIRA, 2007.

De igual forma se encuentran valores altos en cauces del río Carraipía – Paraguachón en zonas en donde se practica la agricultura, debido a las valoraciones que se les atribuyeron a las variables analizadas, como el tipo de acuífero, la topografía, el nivel de confinamiento, la profundidad del agua y la recarga. Las vulnerabilidades de grado moderado a alto se encuentran también en los depósitos de cauce aluvial existentes en el área de estudio. En estos casos la profundidad del agua subterránea tiene mayores dimensiones y por esta razón no alcanza los grados más altos de vulnerabilidad. Los depósitos de cauce aluvial que poseen vulnerabilidades moderadas a bajas deben esto al aumento en la profundidad del agua subterránea.

Las vulnerabilidades moderadas a bajas y bajas son debidas a las características de los acuíferos, como es el caso observado en los afloramientos de la formación Monguí (Tpm) por estar compuesta por arcillas arenosas poco permeables y una recarga con valoraciones muy bajas. En igual condición se encuentran las zonas en donde se encuentra el cuaternario compuesto por depósitos de llanura aluvial (QII), teniendo esta una recarga nula y niveles de confinamiento con bajas valoraciones.

Se encontró también un área de conservación forestal, en la serranía del Perijá que obtuvo una valoración de 0 por clasificar dentro del rango de áreas forestales y seminaturales, al igual que en donde se encontró vegetación nativa arbustiva, donde no se realiza ningún tipo de actividad.

Una vez analizada plenamente esta variable, se tomaron los datos del DRASTIC como se menciono anteriormente y se procedió con la evaluación de la vulnerabilidad.

CAPITULO 2

DEMANDA Y CONTAMINACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

2.1 DEMANDA DE AGUA Y PATRONES DE CONSUMO EN EL MUNICIPIO DE MAICAO

Esta primera parte se describe los patrones de consumo actual (total y per cápita) y su proyección en el municipio de Maicao.

2.1.1 Proyección de la población

Para la estimación de la demanda de agua en el Municipio de Maicao se realizó la proyección de la población futura en dicha localidad, con el fin de establecer y conocer el patrón de consumo de la población y de esta manera cuantificar la cantidad de agua que demanda este Municipio. Teniendo en cuenta los datos censales obtenidos por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) en el año 2005 para el Municipio Maicao.

Por tanto, los cálculos de la proyección de la población se resumen en la tabla 2,1, utilizando para dichos cálculos las formulas establecidas por el RAS 2000 en su titulo b.

Población del municipio de Maicao en el año 2005 = 64.011 personas

Población actual proyectada por el DANE para el año 2010 (Pa)= 97.101 personas

Rata de crecimiento anual (r)= 1.018%

Para el cálculo se utilizo la siguiente fórmula:

$$Pf= Pa (1+r)^{Tf-Tac}$$

Haciendo los cálculos para los siguientes cinco años con los datos dados anteriormente, se obtiene que:

Año	Población
2010	97.101
2011	98.090
2012	99.087
2013	100.095
2014	101.113
2015	102.142

Tabla 2,1 Proyección de la población a 5 años en el municipio de Maicao

2.1.2 Definición de la dotación

Dotación neta

La dotación neta depende del nivel de complejidad del sistema y según la resolución 2320 de 2009, expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; la dotación neta máxima no deberá ser superior a los valores que se presentan en la tabla 2,2.

Nivel de complejidad del sistema	Dotación neta máxima para poblaciones con Clima Frío	Dotación neta máxima para poblaciones con Clima
Bajo	90	100
Medio	115	125
Medio alto	125	135
Alto	140	150

Tabla 2,2. Dotación neta según el Nivel de Complejidad del Sistema (Resolución 2320/09)

Para efectos de la presente Resolución entiéndase por poblaciones con “Clima Frío o Templado” son aquellas ubicadas a una altura superior a 1.000 metros sobre el nivel del mar y por poblaciones con “Clima Cálido” son aquellas ubicadas a una altura inferior o igual a 1.000 metros sobre el nivel del mar.

De este modo, se considera apropiado definir una dotación neta sugerida por la tabla teniendo en cuenta que la población pertenece a un clima cálido sería 150L/hab.día.

Perdidas técnicas del sistema

Las pérdidas técnicas corresponden a la diferencia entre el volumen de agua captado de las bocatomas y de fuentes subterráneas y el volumen entregado a la población total del municipio y de acuerdo con el nivel medio de complejidad del sistema se adopta el valor máximo permitido que es del 20%.

Nivel de complejidad del sistema	% de Perdidas
Bajo	40 %
Medio	30 %
Medio Alto	25 %
Alto	20 %

Tabla 2,3 Porcentajes de Perdidas de Agua Admisible definido por el RAS.

Sin embargo, para el cálculo de las capacidades necesarias en la planta de tratamiento, en la captación y en la aducción, se debe considerar el suceso de otras pérdidas. Para este sistema se siguen las recomendaciones del RAS-2000 en sus numerales B.2.5.1 a B.2.5.3.

Dotación Bruta

La dotación bruta debe establecerse según la ecuación B.2.1 del RAS-2000:

$$D_{bruta} = D_{neta} / (1 - \%P)$$

Dotación neta (Dneta)=150 l/hab.día

% de pérdidas admisibles por el nivel de complejidad definido por el RAS (%P)= 20%

$$D_{bruta} = 150 / (1 - 20\%) = 187,5 \text{ l/hab} \cdot \text{día}$$

Caudal medio diario

Esta demanda se proyecta al plazo de (5 años), y que se calcula de la siguiente manera:

$$Q_{medio} = \frac{\text{Dotación bruta} \times \text{Población}}{86400}$$

Donde;

Caudal medio (Qmedio)

Dotación Bruta (Dbruta) = 187,5 l/hab.día

Año	Población	Q medio (l/s)
2010	97.101	210,72
2011	98.090	212,86
2012	99.087	215,03
2013	100.095	217,22
2014	101.113	219,42
2015	102.142	221,66

Tabla 2,4. Proyección quinquenal de la demanda de agua

Fuente de abast.	ACTUAL	AÑO	AÑO	AÑO	AÑO	AÑO
Río Carraipía						
Pozo 6B	210,72	212,86	215,03	217,22	219,42	221,66
Pozo 6A						

Tabla 2,5. Proyección de la demanda quinquenal de las fuentes de abastecimiento

2.1.3 Volumen de agua captada anualmente

Para conocer la cantidad de agua captada anualmente por el sistema, se puede hacer una conversión del caudal medio diario (Qmd) que está en unidades de l/s a m³/año; por tanto, teniendo en cuenta los datos de la tabla 2,4 que está con 20% que son los porcentajes que estipula el RAS para dicho nivel de complejidad de pérdida, se tiene:

Año	Q medio (l/s)	Volumen anual
2010	210,72	6645265,92
2011	212,86	6712752,96
2012	215,03	6781186,08
2013	217,22	6850249,92
2014	219,42	6919629,12
2015	221,66	6990269,76

Tabla 2,6 Cantidad de agua captada anualmente tanto superficial como subterránea

Volumen De Agua Captada Anualmente Subterránea

Para conocer la cantidad de agua que es captada únicamente de las fuentes subterráneas por la empresa prestadora de servicios del municipio de Maicao, nos basamos en los caudales concesionados para dicha empresa por parte de la Corporación Autónoma Regional de La Guajira, lo cual corresponde a 140 l/s de fuentes superficiales y de fuentes subterráneas para los pozos 6A 45 l/s y 35 l/s para un total de 80 l/s en total.

Teniendo en cuenta lo antepuesto se hace una pequeña conversión matemática con los valores obtenidos en la tabla anterior de la siguiente manera:

Año	Q medio total (l/s)	Volumen anual subterránea y superficial total captado (m³)	Q medio agua subterránea (l/s)	Volumen anual total agua subterránea (m³)
2010	210,72	6645265,92	76,61	2415972,96
2011	212,86	6712752,96	77,39	2440571,04
2012	215,03	6781186,08	78,18	2465484,48
2013	217,22	6850249,92	78,98	2490713,28
2014	219,42	6919629,12	79,78	2515942,08
2015	221,66	6990269,76	80,59	2541486,24

Tabla 2,7. Volumen De Agua Subterránea Captada Anualmente

Es claro que con el objeto de suplir la demanda de agua en el Municipio de Maicao, se recurre al uso de las fuentes subterráneas, dando como aporte un porcentaje del 36.36% del agua que se necesita en la ciudad y el restante 63.64% se aporta de las fuentes superficiales. Además es evidente según los cálculos realizados con anterioridad en la tabla 2,7. Que para el año 2015 se deben buscar nuevas fuentes alternativas para suplir con la demanda de agua, debido a la creciente población del Municipio de Maicao, y renovar los permisos de concesión de aguas, puesto que para dicho año y teniendo en cuenta la demanda proyectada se sobrepasa a los permisos obtenidos para el uso de aguas.

2.1.4 Indicadores de contaminación fecal (Coliformes Fecales, Enterococos)

Ocurrencia

Las enfermedades infecciosas son transmitidas principalmente a través de las excretas de los humanos y animales. Si existen individuos positivos o portadores de alguna enfermedad infecciosa en una comunidad, entonces la contaminación fecal de las fuentes de agua ocasionará que los organismos causantes de las infecciones estén presentes en el agua. El uso de esa agua como bebida o para la preparación de alimentos, el contacto

durante las labores de aseo o en el baño corporal; o aún, la inhalación de los vapores o aerosoles de esa agua, podrán causar la infección⁴.

Uno de los indicadores universalmente empleados para detectar contaminación por materia fecal es la bacteria *Escherichia coli*, miembro de la familia de las enterobacterias, la cual es muy abundante en las heces humanas y animales. Una identificación completa de *E. coli* es complicada y por consiguiente costosa para ser realizada con frecuencia; por tanto, se han estandarizado en el mundo técnicas rápidas de identificación que reportan la presencia de *E.coli* con un alto grado de confianza.

El término “coliformes fecales” (CF) encierra un grupo de organismos coliformes que son capaces de fermentar lactosa a 44 ó 45 grados de temperatura, entre ellos el género *Escherichia*⁵. Debido a que las concentraciones de coliformes fecales están, en la mayoría de los casos, directamente relacionadas con la presencia de *E. coli*, el análisis de coliformes fecales se ha convertido en un método rutinario para verificar la presencia de contaminación fecal en el agua utilizada para ingestión directa.

Otro mecanismo comúnmente utilizado para detectar contaminación por materia fecal es la identificación de enterococos. En la actualidad, bajo esta denominación se agrupan algunos estreptococos que comparten ciertas propiedades bioquímicas y que tienen una amplia tolerancia a condiciones adversas al crecimiento⁶. Muchos de ellos se han utilizado como indicadores de contaminación fecal humana, pero otros se han aislado de heces de animales y aún otros pueden generarse por fuentes distintas a la materia fecal y por ende la interpretación de su presencia en el agua requiere de cuidado.

Es importante estandarizar técnicas que permiten sugerir la presencia de un grupo importante de bacterias patógenas en el agua. Dos de los primeros indicadores que se pueden implementar en el laboratorio son los coliformes fecales y los enterococos. Estos dos grupos de bacterias se adaptan muy bien a medios oxigenados y por eso su presencia en las aguas subterráneas de la Isla es palpable.

⁴ WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1996. Guidelines for drinking-water quality. Volume 1: Recomendations. Geneva. 188 p

⁵ CHAPELLE, F.H., 1992. Ground-water microbiology and geochemistry. Ed. Jhon Wiley & Sons, Inc., USA. 424 p.

⁶Id.1

Implicaciones de la contaminación fecal en el agua de consumo humano

Las normas colombianas actuales sobre agua potable establecen que el agua debe estar libre de contaminación fecal. Como los enterococos y los coliformes fecales son indicadores de dicha contaminación, es de esperarse que otros organismos, muchos de ellos patógenos, estén presentes en las aguas contaminadas. Bacterias como *Vibrio cholerae*, *Salmonella typhi*, *Salmonella paratyphi*, *Shigella* spp., *E. coli* enterotoxigénica, *E. coli* enteropatógena y *Salmonella* spp, entre otros, podrían estar presentes en las aguas subterráneas contaminadas. Tales organismos pueden causar enfermedades como cólera, fiebre tifoidea, fiebre paratifoidea, disentería bacilar y diarreas. Virus transmisores de enfermedades también pueden estar presentes, entre ellos los causantes de la hepatitis A, poliomelitis y diarreas.

El hecho de que en general el agua extraída de los pozos domésticos no sea ingerida por las personas disminuye el riesgo de epidemias entre la población isleña. No obstante, los altos niveles de contaminación detectados (más de 6000 ufc/100 ml en la zona urbana para CF) representan una seria amenaza para la salud pública si se tiene en cuenta que el Decreto 1594 de 1984 pone como límite para CF el valor de 200/100 ml (NMP) en caso de que el uso del agua implique contacto con la piel.

2.1.5 Detergentes

Ocurrencia

Por detergentes se entenderá en este texto a un grupo de sustancias aniónicas que son persistentes en el agua. Algunos productos recientemente introducidos en el mercado han incorporado otras sustancias que son “biodegradables”, y por tanto se espera que los niveles de detergentes vayan disminuyendo paulatinamente en las aguas subterráneas.

Las aguas procedentes del lavado de ropas, elementos de cocina, aseo general y usos suntuarios (limpieza de carros y motos) pueden representar el 70% del consumo de agua por persona. Por esa razón, es costumbre en el municipio verter esas aguas jabonosas a

la superficie en vez de almacenarlas en los tanques sépticos, pues de ocurrir lo último la frecuencia de vaciado de esas estructuras sería más alta. Esta práctica puede ocasionar la contaminación de las aguas subterráneas con ese tipo de compuestos.

La cantidad de sustancias que pueden ser parte de los detergentes es alta. De especial interés es el impacto que puede generar sobre las aguas subterráneas los procesos de lavado en seco, debido al tipo de sustancias utilizadas, las cuales son extremadamente tóxicas. Estos compuestos no están reflejados en los valores sobre detergentes presentados en este documento, ya que su detección requiere de métodos específicos. En la Isla, los procesos de lavado en seco se presentan en un sitio muy específico y por consiguiente no representan una amenaza general para los acuíferos.

Implicaciones de la contaminación por detergentes en el agua subterránea

En principio, el agua destinada para consumo humano no debe tener concentraciones de detergentes que impriman un color, olor o sabor desagradables. Las aguas afectadas por los detergentes, en general, son utilizadas en diversos usos domésticos diferentes a la ingestión humana y por ende no representan un grave riesgo para la salud pública.

2.1.6 Hidrocarburos

Ocurrencia

Los hidrocarburos son compuestos orgánicos formados básicamente por átomos de carbono e hidrógeno y pueden estar en el subsuelo tanto en estado puro (no mezclados con el agua), como mezclados o inclusive diluidos en el agua subterránea. El rango de sus usos es tan amplio como la variedad de compuestos existentes. En el apartado anterior se mencionó uno de sus usos (lavado en seco). En la Isla, los principales empleos de los hidrocarburos son como combustibles y lubricantes.

Hasta el momento se han identificado más de 600 tipos de hidrocarburos en el petróleo crudo⁷, pero los combustibles refinados como la gasolina pueden tener alrededor de cien.

⁷ HUNT, J.M., 1979. Petroleum Geochemistry and Geology. New York: W.H.Freeman and Company, 617 p.

Uno de los aspectos más sobresalientes de estos compuestos es que sus propiedades físicas están gobernadas en gran parte por el número de átomos de carbono presentes en cada molécula. Por ejemplo, los puntos de ebullición de un hidrocarburo (es decir, la temperatura a la cual cambia de estado líquido a gaseoso) tienden a subir a medida que lo hace el número de carbonos en la estructura molecular. Esta propiedad es aprovechada por el hombre para separar los componentes de un petróleo crudo mediante el método de destilación. La tabla 3 presenta las fracciones de un crudo separadas por este proceso.

Tabla 3. Fracciones de hidrocarburos separadas mediante destilación

Fracción	Rango de número de átomos de C por molécula	Rango de puntos de ebullición	Usos
Gas	1 a 4	20°C	Preparación alimentos, calefacción, insumo en laboratorios.
Gasolina	5 a 10	20 – 190°C	Combustible, insumo en laboratorios.
Kerosene	11 a 13	190 – 260°C	Combustible
Diesel	14 a 18	260 – 360°C	Combustible, lubricante.
Gas pesado y lubricantes	10 a 40	360 – 530°C	Lubricante, grasa, parafina.
Residuos	> 40	> 560°C	Asfalto

Fuente: HUNT, J.M., 1979. Petroleum Geochemistry and Geology. New York: W.H.Freeman and Company, 617 p

De otro lado, es bien conocido que las moléculas de hidrocarburos asociadas con productos del petróleo pueden sufrir degradación biológica⁸. Recientemente, se ha observado que algunos hidrocarburos disueltos en el agua subterránea han sufrido transformaciones bajo condiciones naturales. En teoría, se espera que los productos finales de la degradación de los hidrocarburos sean el etano y el eteno (compuestos con sólo dos átomos de carbono por molécula), los cuales posteriormente pueden ser reducidos con facilidad a sustancias más simples. Sin embargo, en condiciones naturales, esta degradación natural completa puede tardar un gran número de años, dependiendo del tamaño de las moléculas del contaminante inicial y de otros factores ambientales como temperatura, pH, presencia de microorganismos, etc.; de tal forma que antes de que ello ocurra, el hidrocarburo tendrá tiempo de viajar con el agua subterránea contaminando grandes áreas de los acuíferos.

La carencia de un Plan de Manejo para los residuos de hidrocarburos representa un riesgo elevado de contaminación para las aguas subterráneas. El principal medio por donde los hidrocarburos pueden ingresar a los acuíferos está representado por los pozos. Al igual que las aguas residuales y desechos sólidos, los hidrocarburos pueden ingresar al interior de los pozos aprovechando la falta de estructuras sanitarias en el perímetro de los mismos.

Implicaciones de la contaminación de hidrocarburos en el agua subterránea

Todos los hidrocarburos son tóxicos en pequeñas concentraciones cuando están presentes en el agua de consumo humano. El grado de toxicidad depende de la estructura y composición del hidrocarburo. Algunos de los compuestos que pueden estar presentes en la gasolina, diesel, lubricantes y solventes son: 1,2-Dicloroetano, tricloroetano, benceno, tolueno, xileno, etilbenceno. Intoxicaciones con estos compuestos pueden dar lugar a: Desórdenes en el sistema nervioso central, problemas hepáticos, gastrointestinales, respiratorios, renales y cardiovasculares.

⁸ BARKER, J.F., G.C. Patrick, y D.Major, 1987. Natural attenuation of aromatic hydrocarbons in a shallow sand aquifer. *Ground Water Monitoring Review* 7, No.1. 64 – 71 p.

La inhalación de algunas de estas sustancias producen: Náuseas, vómito, debilidad, fatiga, nerviosismo, dolores epigástricos. Muchos de estos compuestos son letales a partir de determinadas concentraciones. Por ejemplo, el benceno puede causar la muerte cuando está presente en concentraciones mayores de 65 mg/litro.

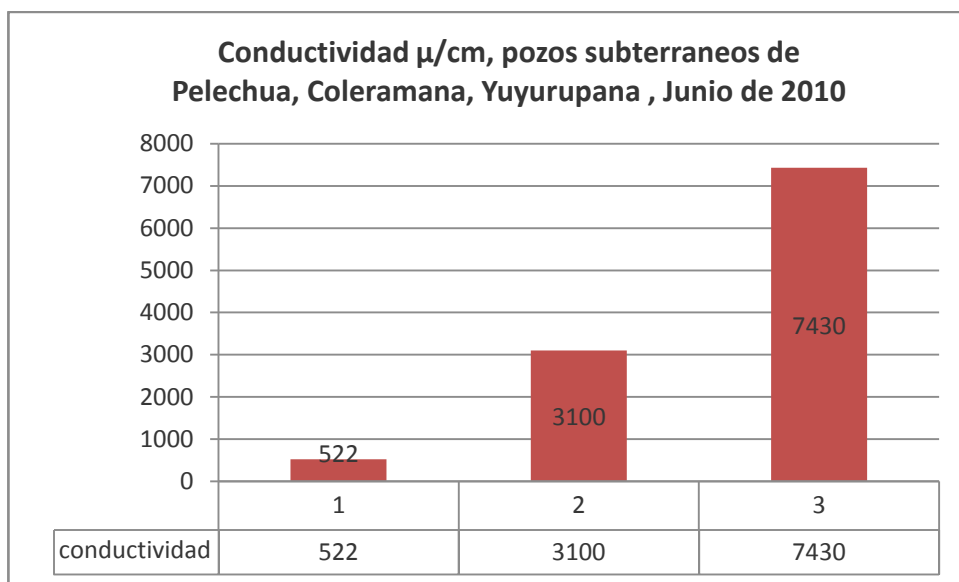
Otros tipos de contaminantes en el agua subterránea

Finalmente, es importante mencionar el papel que pueden tener los basureros a cielo abierto respecto a la calidad del agua subterránea. Hasta el momento no se ha hecho una evaluación sistemática de los contaminantes que podrían estar aportando las basuras a los acuíferos. La mayoría de los contaminantes analizados en este capítulo también pueden ser generados en los basureros, entre otras razones, porque las basuras son dispuestas sin ningún tipo de tratamiento y porque a los basureros llega todo tipo de residuos, incluyendo aceites quemados.

2.2 MONITOREO DE POZOS SUBTERRÁNEOS MUNICIPIO DE MAICAO, ENERO-JUNIO DE 2010

En este informe, correspondiente al primer semestre de 2010, se describen las principales características fisicoquímicas y microbiológicas de 12 pozos subterráneos del municipio de Maicao, en su mayoría, mediante la operación y monitoreo realizado en el laboratorio ambiental de Corpoguajira, Lamcor.

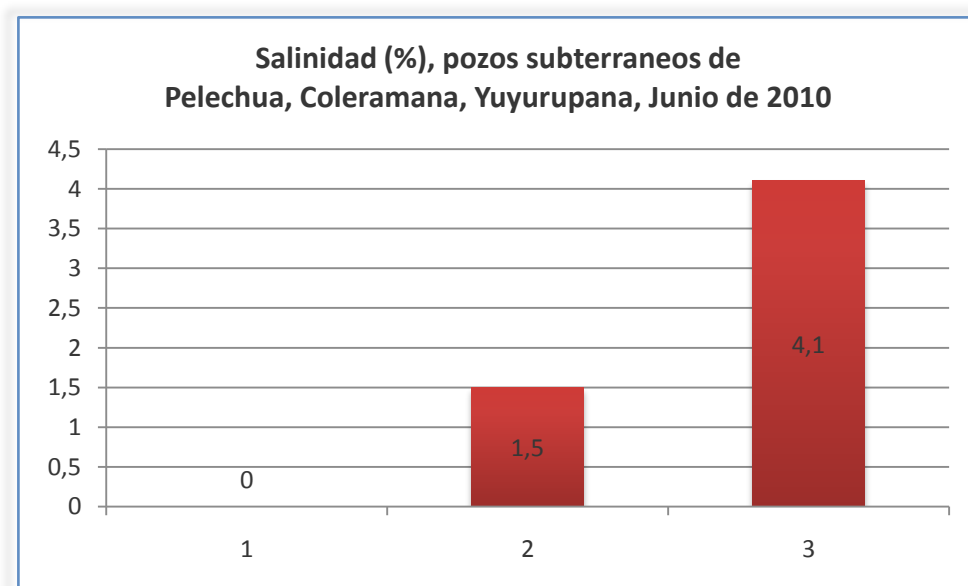
Las siguientes gráficas hace referencia al monitoreo realizado en la zona rural del municipio de Maicao, y en el corregimiento de Pelechua perteneciente al municipio de Riohacha:



La conductividad en medios líquidos está relacionada con la presencia de sales en solución, cuya disociación genera iones positivos y negativos capaces de transportar la energía eléctrica si se somete el líquido a un campo eléctrico. Estos conductores iónicos se denominan electrolitos o conductores electrolíticos. Por tanto esta propiedad del agua tiene una estrecha relación con el porcentaje de salinidad. Así, de esta forma se ha clasificado esta propiedad fisicoquímica del agua:

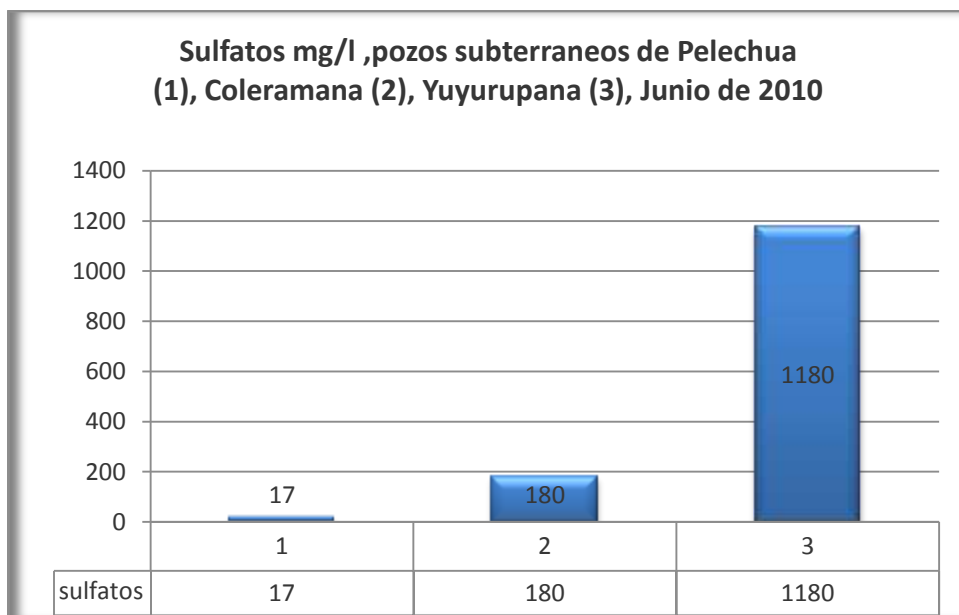
TIPOS DE AGUAS	CONDUCTIVIDAD $\mu S/cm$
Muy dulce	<260
Dulce	260-530

Moderadamente dulce	530-1100
Débilmente dulce	1100-2100
Moderadamente dulce	2100-4200
Salobre	4200-8500
Muy salobre	8500-17000
Moderadamente salada	17000-34000
Salada	>34.000



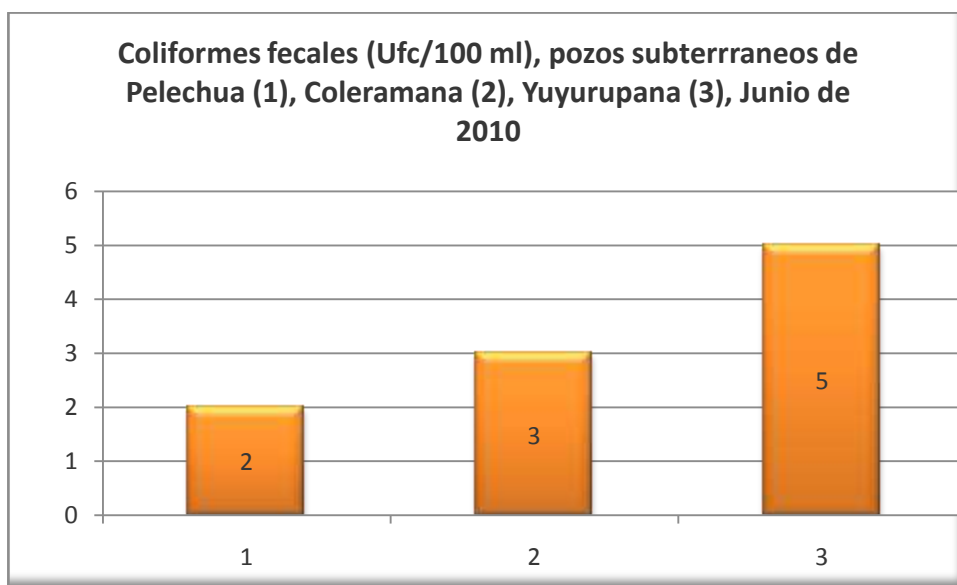
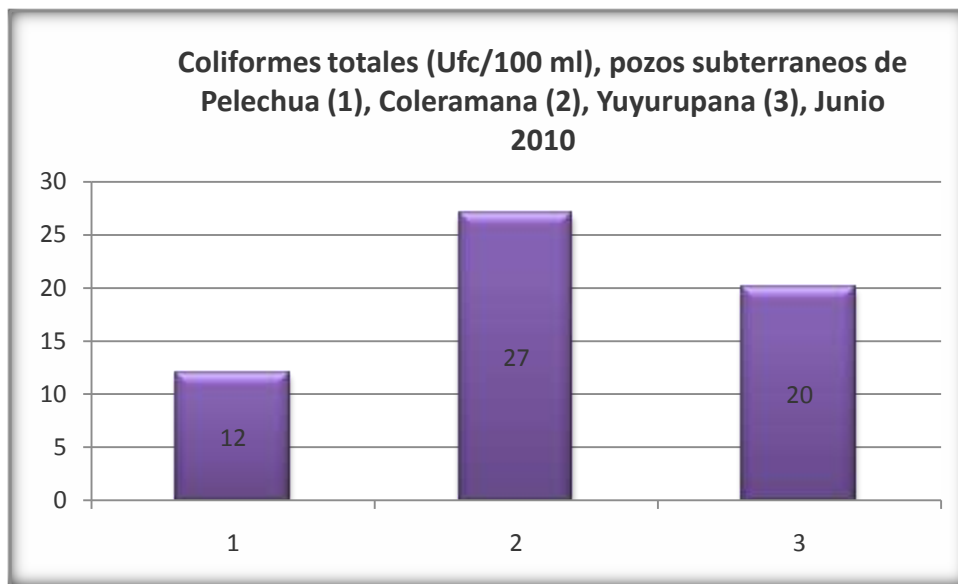
Si se analiza lo anterior, se concluye que el pozo subterráneo de Pelechua es un tipo de agua dulce, esto termina de definirse con la relación del % de salinidad que es 0%. A su vez, el pozo de la comunidad de Coleramana se ubica en el tipo de agua moderadamente dulce, donde se comprueba que a medida que la conductividad del agua aumenta la relación entre ella y la salinidad es mayor.

La comunidad de Yuyurupana tiene un tipo de agua salobre, con 4,1% de salinidad.



Según el decreto de usos del agua para destinación de consumo humano el sulfato es admisible hasta 400 mg/l. Sin embargo de estos pozos, solo está siendo usado de forma permanente para consumo, el del corregimiento de Pelechua **(1)** en la gráfica.

El tipo de agua de la comunidad de Yuyurupana es rechazada por la salubridad y el mal sabor que posee, relacionado a las altas proporciones de sulfatos encontrados. Véase en la gráfica. **(3)**



Universalmente se emplean microorganismos indicadores para detectar contaminaciones en el agua por materia fecal que son los Coliformes totales y la E. coli, la cual es una bacteria miembro de la familia de las enterobacterias, abundantemente encontradas en heces de humanos y animales. El uso de aguas contaminadas por microorganismos como bebida o para la preparación de alimentos, el contacto durante las labores de aseo o en el baño corporal; o aún, la inhalación de los vapores o aerosoles de esa agua, podrían causar diversas infecciones principalmente intestinales; así, en nuestro país, se ha establecido por ley que el agua potable debe ser libre de contaminación fecal.

Los resultados de la técnica de laboratorio de Filtración por membrana para la determinación de la de estos indicadores demuestran la situación general de las aguas subterráneas respecto a estos microorganismos indicadores de contaminación fecal.

Los pozos que carecen de estructuras de protección se convierten en facilitadores para que las bacterias ingresen a los acuíferos. Las malas condiciones sanitarias alrededor de los pozos, son una de las principales razones de la contaminación y reproducción de estos microorganismos.

El decreto 1594/84 fija un límite de 20.000 de coliformes fecales como el número más probable que se pueda encontrar en el agua para el uso de consumo humano y doméstico. No obstante la sola presencia de estas bacterias en agua subterránea es un indicador de un foco de contaminación del acuífero, lo que hace necesario continuar con los monitoreos y seguimiento de toma de muestras a estas aguas para establecer acciones correctivas.

PROMEDIO MONITOREO CALIDAD DE AGUA POZOS SUBTERRÁNEOS MUNICIPIO DE MAICAO

ENERO- JUNIO DE 2010

POZOS	Alcalinidad mg/caco ₃	NH ₄ mg/L	Cl ⁻ mg/L	Conductividad µs/cm	Salinidad %	pH Unid	DBO ₅ mg/L	P Mg/L	NO ₃ mg/L	NO ₂ mg/L	O Disuelto mg/l	SO ₄ mg/L	Colif totales Ufc/100 ml	Colif. Fecales Ufc/100 ml
Yuyurupana	470	0.27	1873	5065	3.8	6.9	2.54	0.09	7.2	0.21	2.0	1170	20	5
Matadero	306.6	1.57	540	2820	1.37	7.07	<2.0	0.1	4.3	1.62	2.2	90	98	73
R. Ranchito	362.5	0.64	371.7	1623	0.6	7.0	2.31	0.40	0.8	0.07	1.4	162	0	0
Villadiana I	150	0.09	663.7	3220	1.6	7.03	<2.0	0.02	7.6	0.006	2.36	13	8	5
Villadiana II	155	0.09	744	5100	2.7	7.22	<2.0	0.27	14.6	0.006	4.1	18	50	50
Santamarta	160	0.09	690	1419	0.5	7.16	<2.0	0.11	0.8	0.006	2.97	8.0	2	2
Coleramana	350	0.09	*	3100	1.5	7.36		0.09	0.8	0.006	4.95	180	27	3
Pelechua	170	*	0	522	0	6.9	2.47	0.16	0.8	0.006	2.4	17	12	2
Hospital	265	0.02	364	2200	0.4	7.07	2.05	0.09	*	*	2.0	380	0	0
Casa del abuelo	500	0.06	2730	6570	3.6	6.98	<2.0	0.4	*	*	1.73	39	0	0
Villa Yesica	455	0.11	1849	8460	4.75	6.77	*	0.24	4.3	0.18	2.83	553	20	0
Batallón San Jorge	362	1.99	1370	4980	2.65	6.83	*	0.255	2.2	0.17	4.92	219	57	0

* Durante estos días no se lograron establecer estos análisis de laboratorio.

2.3 CALIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS.

En términos generales se concluye que los pozos monitoreados durante 6 meses, son tipos de aguas salobres con infiltraciones marinas, lejanas a la recargas de los acuíferos, con altos niveles de minerales como lo son los cloruros, sulfatos, alcalinidad; se encontraron concentraciones esperadas de los iones menores en las aguas subterráneas como lo son el amonio, y los fosfatos; unidades de Phs en concentraciones entre 6.9-7.36, las cuales las hacen aceptables para el uso que actualmente se les da el cual es el uso domestico.

Es de especial vigilancia la revisión de la producción de agua de estos acuíferos, ya que se encontró contaminación bacteriana en una proporción considerable, entre los que se encuentran el pozo del matadero municipal de Maicao, y Villa Diana II como los más representativos.

Se conoce que los diversos resultados de laboratorio obtenidos en composición y calidad del agua subterránea depende de varias variables como: la acción del suelo, la estratigrafía del acuífero, la composición del agua de recarga, la interacción del agua y del medio granular, y de las reacciones que tienen en el lugar del acuífero.

En consecuencia, los pozos subterráneos con tipos de aguas salobre, por sus características fisicoquímicas son: El pozo de la comunidad Yuyurupana, pozo subterráneo Casa del abuelo, pozo subterráneo Batallón San Jorge, y pozo Finca Villa Yesica. Los restantes pozos monitoreados se clasifican como aguas de tipo moderadamente dulce.

Cabe destacar que los pozos con aguas tipo salobres no están siendo usados para consumo humano, solamente con fines domésticos.

El pozo subterráneo de Pelechua tiene buenas características fisicoquímicas para el consumo humano, pese a la presencia de microorganismos para el cual es necesaria la desinfección.

CAPITULO 3

INSTRUMENTOS DE PLANIFICACIÓN

3.1 MARCO CONCEPTUAL

La planificación ambiental es la recopilación, organización y procesamiento de la información para facilitar la toma de decisiones que dan solución total o parcial a problemas definidos por funciones o necesidades ambientales específicas, asegurando que las componentes ambientales que se estudien sean las relacionadas con el problema analizado y que los vínculos de la función analizada con otras funciones, sean conocidos por el ente a la persona responsable de la toma de decisiones". G. Parra Pardi.

La cual es capaz de orientar al proceso de desarrollo en un marco de sustentabilidad ambiental. Se conforma como un proceso organizado de obtención de información, generando una instancia de producción de conocimiento sobre las propiedades de los componentes ambientales que permiten identificar sus potencialidades y las limitaciones de los territorios conforme las condiciones ambientales imperantes.

Además debe entenderse como un proceso dinámico de planificación del desarrollo sostenible, que permite a una región orientar de manera coordinada y concertada el manejo, administración y aprovechamiento de sus recursos naturales renovables para contribuir desde lo ambiental a la consolidación de alternativas de desarrollo sostenible en el corto, mediano y largo plazo, acordes a las características y dinámicas biofísicas, económicas, sociales y culturales.

De esta manera, la regulación actual plantea nuevos criterios para optimizar los procesos de planificación referidos a la necesidad de actuar sobre prioridades regionales de alto impacto en el contexto de una gestión más coordinada, eficiente, transparente y participativa, y define los instrumentos de seguimiento y evaluación de la gestión institucional y ambiental que permitirán establecer mediciones sobre su desarrollo; lo cual, además de generar las bases para la toma de decisiones contribuye a establecer un proceso de mejoramiento continuo y una cultura del manejo de la información.

Para facilitar esta labor, se han optimizado los instrumentos de planificación y seguimiento que orientan la gestión y planificación de las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible-CAR.

Se destaca, en este trabajo, la expedición del Decreto 1200 del 20 de abril de 2004 y las Resoluciones 0643 de junio de 2004 y 0964 de junio de 2007 sobre los indicadores mínimos que deben ser considerados para el seguimiento y evaluación de las gestiones corporativas, así como: los instrumentos de planificación regional.

3.2 LEGISLACIÓN EN AGUAS SUBTERRÁNEAS.

Tipo de Usuario	Normativa	Objetivo
Comunidad en general	Decreto ley 2811/1974	Determina prioridades para el aprovechamiento de las diversas categorías de recursos naturales.
Comunidad en general	Decreto 1541/1978	Reglamenta el uso de aguas superficiales y subterráneas, control de perforaciones.
Sector Publico	Ley 99/1993	Crea el Ministerio de Medio Ambiente, reordena el sector público de la gestión y conservación del medio ambiente y de los recursos naturales renovables y organiza el Sistema Nacional Ambiental, establece que las Corporaciones Autónomas Regionales son entes corporativos de carácter público.
Usuarios	Decreto 1220/2005	Establece que la licencia ambiental se otorga por la vida útil del proyecto, obra o actividad y cubre las fases de construcción, operación, mantenimiento, desmantelamiento, abandono y/o terminación pertinentes.
Entidades Publicas	Ley 373/1997	Ahorro y uso eficiente del agua en Colombia
Municipal	Decreto 1575/2007	Establece el sistema para la protección y control de la calidad del agua para consumo humano
Entes prestadores de servicio publico	Ley 142/1994	Establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios
Usuarios	Decreto 901/1997	Reglamenta las tasas retributivas por la utilización directa o indirecta del agua como receptor de vertimientos puntuales y establece las tarifas de estas.
Comunidad en general	Decreto 1594 /1984	Establece definiciones sobre tipos de usuarios, condiciones de calidad según el uso, además las condiciones, autorizaciones, criterios de calidad y tasa para los vertimientos, y también sobre las concesiones, entre otros.
Usuarios	Decreto 1449/ 1977	Fija las obligaciones de los propietarios de predios ribereños en relación con la conservación, protección y aprovechamiento de las aguas, asimismo con la conservación de bosques, suelos y demás recursos naturales renovables.
Agrícola	Decreto 1843 / 1991	Establece que el uso y manejo de plaguicidas está sujeto a las disposiciones contenidas en la Ley 9a de 1979

Usuarios	Acuerdo 0003 de 2010 de la CAR.	Se establece los procedimientos de liquidación, los topes máximos y tarifas para el cobro de los servicios de evaluación y seguimiento de licencias ambientales, permisos, concesiones, autorizaciones y demás instrumentos de control y manejo ambiental.
Usuarios	Acuerdo 0016 de 2009 de la CAR.	Se fija las tarifas a cobrar por concepto de la tasa de uso del agua superficial y subterránea en el área de jurisdicción de la corporación autónoma regional de la Guajira –CORPOGUAJIRA para el periodo de cobro 2009.
Entes prestadores de servicios públicos	Resolución 01818 de 2010 CAR	Por el cual se establecen los términos de referencias para la elaboración, presentación e implementación de programas de ahorro y uso eficiente de agua en la jurisdicción de la corporación autónoma - CORPOGUAJIRA y se adoptan otras medidas.
Comunidad	Ley 134/ 1994	Participación ciudadana.
Inst. Educativas	Decreto 1743/ 1994	PRAES
Corporaciones Autónomas	Decreto 1200 / 2004	Determina los instrumentos de planificación ambiental

3.3 INSTRUMENTOS DE PLANIFICACIÓN PARA EL PMAS DE MAICAO

INSTRUMENTOS	DESCRIPCIÓN	FUNDAMENTO LEGAL
EXPLORACIÓN GEOELÉCTRICA	Búsqueda de fuentes de agua dulce subterránea	Decreto 1541 de 1978. Acuerdo 0003 de 2010
PERMISO EXPLORACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA	Construcción de captaciones. Seguimiento a explotación.	Decreto 1541 de 1978. Acuerdo 0003 de 2010
EQUIPAMIENTO A COMUNIDADES INDÍGENAS	Construcción de pozos, compra e instalación de molinos de viento y albercas, mantenimiento de captaciones y molinos.	Ley 99 de 1993. Art 31. Inc. 21.
CONCESIONES DE AGUA SUBTERRÁNEA	Legalización de captaciones. Seguimiento de explotación	Decreto 1541 de 1978. Acuerdo 0003 de 2010
TASA POR USO DEL AGUA	Proceso mediante el cual la Corporación pretende expedir y cobrar la factura de Tasas Por Uso de Aguas.	Decreto 155 de 2004, Acuerdo 0016 de 2009.
CONSTRUCCIÓN SERIES HISTÓRICAS DATOS	Construcción series históricas de datos (calidad, niveles)	
USO EFICIENTE Y AHORRO DE AGUA	Establecer un uso eficiente y ahorro del agua, tomando acciones que se enmarquen en la reducción de pérdidas, ahorro del agua, el recuso del agua y el uso de aguas lluvias, en el Municipio de Maicao.	Ley 373 de 1997, Resolución 01818 de 2010.

CLUBES DEFENSORES DEL AGUA ESCUELAS CUENCA ALTA	Programa educativo para estudiantes de primaria y secundaria en Carraipía y Majayura.	Ley 134 de 1994. Decreto 1743 de 1994.
MODELO NUMÉRICO	Toma de datos para alimentación Modelo numérico. Posible herramienta para predicción de niveles y calidad del agua	
MANEJO DE CAPTACIONES ABANDONADAS	Cierre de captaciones en mal estado y adecuación de pozos de producción como puntos de observación.	
CONSERVACIÓN DE ACUÍFEROS Y MANEJO DE ZONAS DE RECARGA	Identificar zonas de recarga de los acuíferos en el municipio de Maicao, para diseñar y construir un proyecto piloto para la conservación de acuíferos y manejo de zonas de recarga en el municipio de Maicao.	
SEGUIMIENTO DE INSTRUMENTOS	Evaluación del cumplimiento de las metas e impacto en el desarrollo de los instrumentos de planificación del PMAS.	Acuerdo 0003 de 2010

1. EXPLORACIÓN GEOELÉCTRICA

Objetivo: Estimación de modelos de capas geoelectricas en el Municipio de Maicao, con el fin de tener una aproximación de la geometría de los acuíferos que se puedan encontrar en esta área.

Localización	Actores	Tiempo	Beneficiarios
Municipio de Maicao	CORPOGUAJIRA PRESTADORES DEL SERVICIOS.	1 Semana	Comunidad que lo solicita

Introducción: El método eléctrico de resistividad, también denominado Geoelectrico, es el más utilizado en la exploración de aguas subterráneas. Con este método se obtiene una buena interpretación geológica del subsuelo, se localizan zonas saturadas con agua y se determina la calidad del agua presente.

Justificación: El Modelo Geoelectrico del Municipio de Maicao permitirá el conocimiento sobre la estructura interna de los acuíferos y la ubicación de zonas con disponibilidades de calidad de agua dulce para una posible explotación sostenible de acuerdo al plan de manejo de aguas subterráneas.

Actividades principales:

- Recopilación bibliográfica e información relacionada con estudios hidrogeológicos, registros, pozos y/o aljibes que se encuentren en cercanía a la zona de interés, mapas geológicos, entre otros.
- Ejecución de sondeos eléctricos, capturas de datos en campo e inspección geológica en la zona.
- Interpretación de los datos obtenidos en campo.
- Elaboración de informe.

Resultados esperados:

Construcción de perfiles, identificación de unidades geoelectricas, correlación con estratigrafía conocida cuando cuenta con esta información.

2. PERMISO DE EXPLORACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA

Objetivos: Otorgar los permisos para llevar a cabo perforaciones en el subsuelo en busca de fuentes de abastecimiento de agua subterránea

Localización	Actores	Tiempo	Beneficiarios
Municipio de Maicao	CORPOGUAJIRA	2 meses	Persona natural o jurídica, pública o privada.

Introducción: Es un trámite mediante el cual se obtiene el permiso para aquellas personas naturales ó jurídicas que desean llevar a cabo proyectos de exploración de subsuelo para hallar recurso hídrico, el cual será para un posterior aprovechamiento.

Justificación: El agua subterránea es un recurso de vital importancia para el crecimiento de los municipios. La explotación del agua subterránea proporciona agua potable a los diferentes sectores de la sociedad, solucionando el problema de escasez a costos moderados. La construcción de pozos profundos trae consigo beneficios económicos y logísticos importantes, reflejados en la disminución de las distancias de conducción de agua, disminución de costos en los tratamientos bioquímicos y el menor valor del líquido.

Actividades principales:

1. Presentación de la solicitud y sus anexos. Si la solicitud no incluye la información o los anexos exigidos, mediante acto administrativo se requiere al peticionario para que en un plazo de dos (2) meses complemente la misma; en caso contrario, se entenderá que ha desistido de la petición y se procederá a su archivo (artículo 13 C.C.A).
2. Si está completa, mediante acto administrativo se admite, se declara iniciado el trámite y se ordena remitir a la oficina técnica, quien previa visita conceptuará si es viable o no otorgar el permiso.
3. Elaboración del Informe técnico.
4. Resolución.
5. Notificación y publicación de la resolución a costa del interesado.

6. Interposición del recurso de reposición contra la resolución que otorga o niega el permiso.
7. Presentación de informes a cargo del permisionario.

Resultados esperados:

Administrar el recurso hídrico subterráneo en Maicao, con base a preceptos conservacionistas y teniendo en cuenta los requerimientos de agua de la población de este municipio.

3. EQUIPAMIENTO A COMUNIDADES INDÍGENAS

Objetivos: Adelantar obras de infraestructura de suministro de agua a las comunidades indígenas en el área de jurisdicción de CORPOGUAJIRA para consumo humano y abrevadero, mediante la construcción de reservorios de agua, construcción de tanques de almacenamiento, suministro e instalación de molinos de viento, reparación y/o mantenimiento de molinos de viento y construcción de captaciones de agua subterránea para producción (pozos y aljibes).

Localización	Actores	Tiempo	Beneficiarios
Municipio de Maicao	CORPOGUAJIRA	Periódico	Comunidades indígenas

Introducción: El equipamiento a comunidades indígenas se beneficiara con obras para la captación de aguas superficiales o subterráneas, o para almacenamiento de agua, las cuales constan de construcciones de pozos, compra e instalación de molinos de viento y albercas, mantenimiento de captaciones y molinos.

Justificación: según el inciso 28 del artículo 31 de la ley 99 de 1993, es función de la corporación, entre otras, promover y ejecutar programas de abastecimiento de agua a las comunidades indígenas tradicionalmente asentadas en el área de la jurisdicción en coordinación con las autoridades competentes. La construcción de pozos profundos para el suministro de agua para el consumo humano y animal para el conocimiento de parámetros hidráulicos en Planes de Manejo de Aguas Subterráneas.

Actividades principales:

- La comunidad indígena realizara la solicitud por escrito ante la corporación.
- La solicitud es recibida e ingresada a la base de datos de solicitudes.
- Un grupo interdisciplinario de CORPOGUAJIRA, evaluara las necesidades de agua en las comunidades.
- Selección de las solicitudes a ejecutar.
- Se abre una licitación para la elección de la firma constructora o ejecutora.

4. CONCESIONES DE AGUA SUBTERRÁNEA

Objetivos: Toda persona natural o jurídica, pública o privada, que requiera obtener el derecho a usar las aguas subterráneas de uso público, por un tiempo determinado en el área de jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de La Guajira, pueda acceder a él.

Localización	Actores	Tiempo	Beneficiarios
Municipio de Maicao	CORPOGUAJIRA	2 Meses	Persona natural o jurídica, pública o privada.

Introducción: La concesión es una de las cuatro modalidades de derecho a uso del agua consagradas en el Artículo 51 del Decreto - Ley 2811 de 1974.

Una concesión es una autorización que la Nación da a una persona natural o jurídica, pública o privada, para hacer uso de un recurso hídrico superficial o subterráneo, por un tiempo determinado, bajo unas condiciones definidas de explotación, y siempre y cuando el usuario cumpla con los requerimientos exigidos por la ley y son las Corporaciones Autónomas Regionales las encargadas de otorgar concesiones para tal fin.

Justificación: Mediante la legalización de una captación con la modalidad de concesión no sólo se controla el volumen de agua extraído, también se hace seguimiento a la reacción del acuífero respecto a su explotación. De esta forma es posible pronosticar posibles impactos severos y, por tanto, podrán tomarse las medidas correctivas a tiempo.

Actividades principales:

- Solicitar el formulario. Dirigirse a: Oficina de la entidad, En la sede central.

- Diligenciar el formulario, anexando los soportes relacionados en el mismo y pasarlo para revisión y radicación, Dirigirse a: Oficina de la entidad: Oficina de unidad de correspondencia. Recibir el auto de inicio del trámite, y la factura con el valor para la publicación en el boletín oficial de CORPOGUAJIRA, y costo de evaluación cuando lo amerite.
- Pagar el costo de la factura, expedida por la corporación. Dirigirse a: Otro Medio: Tesorería o banco de la entidad, previa a expedición de la factura por la corporación.
- Atender visita técnica programada por CORPOGUAJIRA. Notificarse del acto administrativo mediante el cual se le otorga o se le niega la concesión de aguas. Pagar publicación de acto administrativo y de seguimiento si es requerida.

5. TASA POR USO DE AGUA

Objetivos:

Adoptar el proceso mediante el cual la Corporación pretende expedir y cobrar la factura de Tasas Retributivas y Por Uso de Aguas.

Localización	Actores	Tiempo	Beneficiarios
Municipio de Maicao	CORPOGUAJIRA	Mensual	Unidades hidrogeológicas

Introducción:

Es el pago que se debe efectuar por la utilización de aguas por personas naturales o jurídicas, públicas o privadas.

Tarifa de tasa por uso de agua: Es el valor que se cobra por la utilización de agua (TUA) expresada en pesos/m³, será establecida por cada autoridad ambiental competente para cada cuenca hidrográfica, acuífero o unidad hidrológica de análisis y está compuesta por el producto de dos componentes: la tarifa mínima (TM) y el factor regional (FR).

Justificación: Ley 99/93 Artículo 43. Tasas por Utilización de Aguas. La utilización de aguas por personas naturales o jurídicas, públicas o privadas, dará lugar al cobro de tasas fijadas por el Gobierno Nacional que se destinarán al pago de los gastos de protección y renovación de los recursos hídricos, para los fines establecidos por el artículo 159 del Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, Decreto 2811 de 1974. El Gobierno Nacional calculará y establecerá las tasas a que haya lugar por el uso de las aguas.

Actividades principales:

- Reclamar el Formato para Registro Semestral del Caudal captado.
- Diligenciar el registro de caudales captados mensualmente o el promedio semestral.
- Enviar a la Entidad el Formato debidamente diligenciado en un término no mayor de 8 días, contado a partir de la fecha de recepción.
- Cancelar la factura de cobro en la Entidad.
- Recibir la factura de cancelación del consumo.

Resultados esperados: Implementar la liquidación de la tasa de uso de agua de las concesiones de aguas subterráneas en el Municipio de Maicao, jurisdicción de CORPOGUAJIRA.

6. CONSTRUCCIÓN SERIES HISTÓRICAS DE DATOS

Objetivos: Construcción de la serie histórica de datos de aguas subterráneas para el Municipio de Maicao.

Localización	Actores	Tiempo	Beneficiarios
Municipio de Maicao	CORPOGUAJIRA	Periódica	Colectivo

Introducción: Se define una serie histórica, como un conjunto de datos, correspondientes a un monitoreo orientada a la caracterización físico química y microbiológica de las aguas subterráneas en el Municipio de Maicao, recopilados en un tiempo determinado.

Justificación: Para evaluar aspectos importantes del agua y poder implementar soluciones de gestión se requieren datos hidrogeológicos, tanto de la condición básica inicial como de las variaciones en el tiempo. La recolección de los datos que registran las variaciones en el tiempo es lo que generalmente se considera como el “monitoreo del agua subterránea”. Dicho monitoreo comprende la recolección, análisis y almacenamiento de un número determinado de datos en forma regular, conforme a circunstancias y objetivos específicos.

Actividades principales: Analizar los puntos para monitorear en el municipio de Maicao, que cumplan con las condiciones para su monitoreo, y, de esta manera, obtener la construcción de la serie histórica de datos.

Resultados esperados: Construcción de la serie histórica de datos de aguas subterráneas para el Municipio de Maicao.

7. USO EFICIENTE Y AHORRO DE AGUA

Objetivos: Establecer un uso eficiente y ahorro del agua, tomando acciones que se enmarquen en la reducción de pérdidas, ahorro del agua, el recuso del agua y el uso de aguas lluvias, en el Municipio de Maicao.

Localización	Actores	Tiempo	Beneficiarios
Municipio de Maicao	CORPOGUAJIRA MUNICIPIO	Permanente	Colectivo

Introducción: Este concepto incluye cualquier medida que reduzca la cantidad de agua que se utiliza por unidad de cualquier actividad, y que favorezca el mantenimiento o mejoramiento de la calidad del agua. Así mismo está relacionado con otros conceptos básicos del manejo actual de recursos ambientales, y en muchos casos, forma parte integral de ellos. De los cuales el más arraigado es el de la conservación del agua.

Justificación: Es de vital importancia darle al agua su justo valor para que todos al valorarla se utilice de manera más eficiente y razonable; desterrando las costumbres de derroche y mejorando el servicio del suministro. Sabemos que no es fácil pues uno de los principales problemas de los Organismos Operadores del agua potable en el Estado es que el porcentaje del pago es muy bajo y sus tarifas son obsoletas al no estar al día con el índice de inflación.

Actividades principales:

- Información general de la entidad prestadora de los servicios de acueducto y alcantarillado.
- Información sobre la fuente de Abasto.
- Información sobre las fuentes receptoras.

Resultados esperados: Obtener un uso eficiente y ahorro del agua, tomando acciones que se enmarquen en la reducción de pérdidas, ahorro del agua, el recuso del agua y el uso de aguas lluvias, en el Municipio de Maicao.

8. CLUBES DEFENSORES DEL AGUA ESCUELAS CUENCA ALTA

Objetivos: Este instrumento educativo está dirigido especialmente a los niños y niñas de edad preescolar y los alumnos de educación básica primaria, con el fin que comprendan el papel que juega el agua no solo para la supervivencia del hombre sino también para la regulación de los ecosistemas.

Localización	Actores	Tiempo	Beneficiarios
Municipio de Maicao	CORPOGUAJIRA MUNICIPIO INS. EDUCATIVAS		Instituciones educativas

Introducción: Los Clubes Defensores del Agua son una estrategia educativa diseñada por la Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico del antiguo Ministerio de Desarrollo Económico, enmarcado en el Programa Nacional de La Cultura del Agua, y liderado actualmente por la Oficina de Municipios Menores y Zonas Rurales del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT). A nivel local, esta estrategia suele estar liderada por las Secretarías de Educación municipales, las Corporaciones Autónomas Regionales y los Operadores de Acueductos.

Justificación: Los problemas sociales y económicos inducen a un sector de la población a tomar acciones que van en contra vía de la preservación de los recursos hídricos para poder subsistir, pero esta no es la única causa del deterioro ambiental. Una enseñanza inadecuada durante la niñez y la juventud da lugar a una falta de actitud positiva frente al medio que nos rodea. Por doquier se observan llaves de agua abiertas sin justificación, proliferación de basureros clandestinos en el Municipio de Maicao o en las zonas rurales, y talas indiscriminadas en la Serranía de Perijá. La cultura del <<No Pago>> de los servicios públicos está muy arraigada en esta zona del país y muy pocas personas están enteradas de su responsabilidad, como miembros de la sociedad civil, en preservar los recursos naturales renovables de Colombia.

Actividades principales:

- Formación de docentes.

- Convocatoria a estudiantes interesados.
- Capacitación sobre liderazgo y trabajo en equipo.
- Asamblea General.
- Definición del reglamento interno, junta directiva y coordinadores.
- Definición del plan de trabajo.
- Capacitación a docentes y alumnos.
- Ejecución del plan de trabajo.
- Evaluación de los resultados obtenidos.

Resultados esperados: concientización de los niños y niñas de edad preescolar y los alumnos de educación básica primaria, sobre el papel que juega el agua no solo para la supervivencia del hombre sino también para la regulación de los ecosistemas.

9. MODELO NUMÉRICO

Objetivos: simular y diagnosticar repuestas físico-químicas del sistema al ser sometidos a perturbaciones tales como recarga o extracción mediante pozos o a la inyección de un agente contaminante.

Localización	Actores	Tiempo	Beneficiarios
Municipio de Maicao	CORPOGUAJIRA	Constante	Colectivo

Introducción: Un modelo matemático de un acuífero es una ecuación o serie de ecuaciones que simulan y pronostican respuestas físico-químicas de dicho sistema, sometido a perturbaciones tales como recarga o extracción mediante pozos o la inyección de un agente contaminante.

Justificación: los modelos numéricos son técnicamente superiores debido a que se pueden adecuarse a variaciones complejas de la geometría, propiedades y patrones de recarga del acuífero, dando de este modo resultados más próximos a la realidad, en lo que se pueden identificar zonas de recargas, líneas de corriente y posibles fuentes de contaminación.

Actividades principales:

- Adquisición de datos
 - Diseño de los pozos
 - Régimen operacional
 - Niveles
 - Tasas de recargas
 - Interacción del acuífero con cursos superficiales
- Síntesis en un modelo conceptual
- Selección de la técnica de delimitación
- Análisis matemáticos
- Resultados
- Calibración

Resultados esperados: Un modelo numérico el cual simule el régimen del flujo subterráneo

10. MANEJO DE CAPTACIONES ABANDONADAS

Objetivos: Sellado de pozos abandonados, hasta el punto que sea factible.

Localización	Actores	Tiempo	Beneficiarios
Municipio de Maicao	CORPOGUAJIRA	Periódico	Unidades hidrogeológicas

Introducción: Un pozo o aljibe abandonado es una estructura construida para aprovechar un acuífero que, debido a un empobrecimiento en la calidad del agua captada, a un descenso acusado de los niveles freáticos o piezométricos, o a un daño severo en la estructura de la captación, no está siendo utilizada por la población.

Justificación: La principal defensa natural de un acuífero contra su contaminación es el tipo de material situado sobre él. Si es muy permeable o de espesor pequeño, la vulnerabilidad tendrá la tendencia a ser alta; si es poco permeable o el espesor es grande, la vulnerabilidad tenderá a ser baja. De otro lado, los pozos y aljibes son caminos directos entre la superficie y el acuífero. Entonces, si un contaminante llega al interior de un pozo o aljibe, no tendrá ningún obstáculo natural para alcanzar al acuífero. En otras palabras, el sitio específico donde ha sido construido un pozo o aljibe es un «corto circuito» entre el acuífero y la superficie del suelo que da lugar a una **VULNERABILIDAD EXTREMADAMENTE ALTA.**

Actividades principales:

- Retiro del material depositado en los aljibes y tubería de revestimiento, disposición de los mismos en lugares apropiados.
- Materiales de sellado y colocación: concreto, lechada de cemento, bentonita o arcilla para sello se debe usar como materiales primarios de sellado y colocar de abajo hacia arriba con métodos que eviten la segregación o dilución del material.
- Registro de los procedimientos de cancelación: se debe mantener registros completos y precisos del procedimiento de cancelación en su totalidad.
- Profundidades selladas: la profundidad de cada capa de todos los materiales de sellado y de relleno se deben registrar.
- Cantidad de material de sellado utilizado: la cantidad de materiales de sellado que se utilizan se debe registrar.
- Cambios registrados: cualquier cambio en el pozo ocurrido durante el sellado, tal como la perforación de la tubería de revestimiento, se debe registrar en detalle.
- Adecuación del terreno con suelo y material vegetal.

Resultados esperados: adecuación de algunas captaciones abandonadas, previo cumplimiento de algunos requisitos, como puntos de observación de los acuíferos; y sellar el resto de las captaciones abandonadas.

11. CONSERVACIÓN DE ACUÍFEROS Y MANEJO DE ZONAS DE RECARGA

Objetivo: Identificar zonas de recarga de los acuíferos en el municipio de Maicao, para diseñar y construir un proyecto piloto para la conservación de acuíferos y manejo de zonas de recarga en el municipio de Maicao.

Localización	Actores	Tiempo	Beneficiarios
Municipio de Maicao	CORPOGUAJIRA.	Permanente	Municipio

Introducción: Los acuíferos de aguas subterráneas, debido a su naturaleza, que impide la evaporación, y la naturaleza de sus rutas subterráneas que imponen un movimiento de gran lentitud y, por tanto, de alto nivel de conservación, constituyen un recurso de gran valor y su conservación, en cantidad y calidad, debe ser una prioridad para su conservación.

Justificación: el incremento de la demanda del recurso hídrico subterráneo en el municipio de Maicao ha generado una sobreexplotación, por lo cual es esencial la implementación de un instrumento en el cual se identifiquen y diseñen estrategias para la conservación y manejo de las zonas de recargas en los acuíferos de Maicao.

Actividades principales:

Localización, delimitación
Aforos
Calidad de aguas superficiales
Pruebas de bombeo
Análisis de calidad de agua subterránea
Control de niveles piezométrica
Prueba de recarga
Modelo matemático

Resultados esperados: poseer proyecto piloto para la conservación y manejo de zonas de recargas que pueda contribuir al desarrollo de diferentes proyectos para la conservación de diferentes acuíferos en el departamento de La Guajira.

12. SEGUIMIENTO DE INSTRUMENTOS

Objetivos: Seguimiento y evaluación de cada uno de los instrumentos de planificación.

Localización	Actores	Tiempo	Beneficiarios
Municipio de Maicao	CORPOGUAJIRA	Constante	Colectivo

Introducción: Por medio de este instrumento, se busca implementar medidas para determinar el avance obtenido por cada uno de los instrumentos

Justificación: El seguimiento es una herramienta empleada para verificar y evaluar las actividades, donde se puede evaluar la eficacia de las distintas actividades y de las medidas correctoras/preventivas adoptadas, que hay que tener en cuenta para mejorar en cada uno de los instrumentos.

Actividades principales:

Revisión documentaria
Revisión en campo
Informe de avance
Mejoramiento

Resultados esperados: Mejoramiento continuo del plan de manejo ambiental de aguas subterráneas teniendo en cuenta el desarrollo y avance de cada uno de los instrumentos.

ESTRATEGIA	INSTRUMENTO	META GENERAL	INDICADOR	LÍNEAS DE ACCIÓN ESTRATÉGICAS
Técnica	Exploración geoelectricas	Al año 2016 se tendrán un Modelo Geoelectrico del municipio de Maicao, obtenido a partir de mínimo un SEV por cada kilómetro cuadrado del municipio	Numero de estudios geoelectricos realizados en el municipio de Maicao	Modelación geoelectricas con los SEV en el área del municipio de Maicao.
Jurídica	Permiso de exploración de agua subterránea	A partir de 2010, el 100% de captaciones nuevas construidas con permiso de la Corporación	Número de permisos solicitados, permisos concedidos.	Desarrollar modelos que permitan mostrar la disponibilidad de agua en los acuíferos del municipio de Maicao
Planificación	Equipamiento a comunidades indígenas	Adelantar obras de infraestructura de suministro de agua a las comunidades indígenas en el área de jurisdicción de CORPOGUAJIRA para consumo humano y abrevadero, mediante la construcción de reservorios de agua, construcción de tanques de almacenamiento, suministro e instalación de molinos de viento, reparación y/o mantenimiento de molinos de viento y construcción de captaciones de agua subterránea para producción (pozos y aljibes).	Numero de obras realizadas a las comunidades indígenas en el Municipio de Maicao	Seguimiento y monitoreo a las comunidades indígenas para motivarlos a notificar ante la corporación cualquier eventualidad en las infraestructuras de suministro de agua (filtraciones, daños, etc.)
Jurídica	Concesiones de agua subterránea	Para el año 2016 el 100% de captaciones que requieran concesiones para su aprovechamiento tendrán dicho permiso	Numero de concesiones solicitadas, concesiones otorgadas	Orientar e incrementar las acciones de legalización de las captaciones de aguas subterráneas.
Jurídica	Tasa por uso de agua	Al año 2016 el 100% de captaciones que requieran concesión para su aprovechamiento estarán pagando la respectiva tasa por uso del agua	Número de usuarios facturados	Implementar programas de legalización de los usuarios.
Conocimiento	Construcción series históricas de datos	Al año 2016 se tendrán series históricas de datos de mínimo nueve años de duración respecto a niveles estáticos, calidad del agua y extracciones	Numero de fuentes monitoreadas	Optimizar, complementar y mantener en operación permanente la red de monitoreo de calidad y cantidad del agua subterránea.

Conservación	Uso eficiente del agua	Establecer un uso eficiente y ahorro del agua, tomando acciones que se enmarquen en la reducción de pérdidas, ahorro del agua, el recuso del agua y el uso de aguas lluvias, en el Municipio de Maicao.	Ahorro % de reducción de volumen usado	Adoptar programas y tecnologías de reducción de pérdidas de agua y mejoramiento de la infraestructura obsoleta existente en los sistemas de abastecimiento de agua.
Conocimiento	Clubes defensores del agua escuelas cuenca alta	Instituir un club de niños y niñas de edad preescolar y los alumnos de educación básica primaria, con el fin que comprendan el papel que juega el agua no solo para la supervivencia del hombre sino también para la regulación de los ecosistemas.	Numero de instituciones educativas y alumnos que han sido vinculados al club	Incrementar la capacidad de participación de todos los actores involucrados en el plan de manejo de aguas subterráneas.
Monitoreo y seguimiento	Modelo numérico	Al año 2016 se tendrán un Modelo Numérico Hidrogeológico probado	Margen de error entre el modelo matemático y el comportamiento real de los acuíferos.	Seguimiento, actualización y calibración del modelo numérico.
Monitoreo y seguimiento	Manejo de captaciones abandonadas	Sellado de pozos abandonados, hasta el punto que sea factible.	Numero de captaciones selladas	Diseñar e implementar medidas para la identificación de captaciones abandonadas
Monitoreo y seguimiento	Seguimiento de instrumentos	Seguimiento y evaluación a cada uno de los instrumentos	Numero de indicadores logrados en cada instrumento de acuerdo con la meta.	Diseño de una base de datos en la cual se consolide toda la información de los instrumentos.

PRESUPUESTO APROXIMADO POR INSTRUMENTOS

INSTRUMENTOS	GRADO DE IMPORTANCIA	PRESUPUESTO
MANEJO Y PROTECCIÓN DE ACUÍFERO	1	54.000.000
MANEJO DE CAPTACIONES ABANDONADAS	2	18.000.000
USO EFICIENTE Y AHORRO DE AGUA	3	7.200.000
CONSTRUCCIÓN SERIES HISTÓRICAS DATOS	4	18.000.000
EXPLORACIÓN GEOELÉCTRICA	5	5.400.000
MODELO NUMÉRICO	6	27.000.000
EQUIPAMIENTO A COMUNIDADES INDÍGENAS	7	36.000.000
TASA POR USO DEL AGUA	8	1.800.000
PERMISO EXPLORACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA	9	1.800.000
CONCESIONES DE AGUA SUBTERRÁNEA	10	1.800.000
CLUBES DEFENSORES DEL AGUA ESCUELAS CUENCA ALTA	11	3.600.000
SEGUIMIENTO DE INSTRUMENTOS	12	5.400.000
TOTAL		180.000.000

El grado de importancia de cada instrumento fue asignado teniendo en cuenta unos criterios técnicos y los conceptos del equipo de profesionales que después de estudiar la situación actual del municipio de Maicao se priorizan las actividades a realizar en el año por parte de la Corporación Autónoma Regional de La Guajira-CORPOGUAJIRA.

El presupuesto se ejecuta teniendo en cuenta el presupuesto asignado por CORPOGUAJIRA para la ejecución del plan de manejo de aguas subterráneas del municipio de Maicao para el año 2011

BIBLIOGRAFÍA

ADITAL /AE, ¿Hacia dónde corre el Agua en Colombia? Disponible: <http://www.adital.com.br/Site/noticia2.asp?lang=ES&cod=6256>

Andrés S. Jouravlev, Problemática del Abastecimiento de agua y saneamiento en las ciudades de Ibero América, Diagnóstico y Soluciones, CEPAL, Chile.
Banco Mundial. Protección de la Calidad del Agua Subterránea. 2007.

Boletín Geológico, Volumen 29 pp. 1-127, Bogotá –Colombia, SIN – 0120-1425.INGEOMINAS.

Consultores del Caribe Ltda., Plan de Ordenamiento Territorial, Municipio de Maicao – La Guajira.

CORPOGUAJIRA, Plan de Acción Trienal. 2007-2011

CORPOGUAJIRA. POMCA del Río Carraipia-Paraguachon

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. Plan de manejo ambiental de agua subterránea en la sabana de Bogotá y Zona Critica. 2008
GW·MATE. Gestión Sustentable del Agua Subterránea, Conceptos y Herramientas.2002-2006.

Huguett G., A., 1988. Resumen del estudio hidrogeológico de la Media y Baja Guajira. En: Boletín Geológico INGEOMINAS, vol. 29 N°1, pp. 45-83.

Huguett G., A., 1988. Resumen del estudio hidrogeológico de la Media y Baja Guajira. En: Boletín Geológico INGEOMINAS, vol. 29 N°1, pp 45-83.

IDEAM. Colombia, Primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático; Bogotá, 2001, 307 p

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Política Nacional del Recurso Para la Gestión Integral del Recurso Hídrico. 2010.

Municipio de Maicao. Plan de Ordenamiento Territorial. 2002-2010.

QUINAXI. Gestión integrada del recurso hídrico en Colombia, 2007
Watter Managment Consultans WMC, Proyecto Piloto para la Protección integral de las Aguas subterráneas de Colombia, Convenio Cooperación internacional del Reino Unido y Colombia.
