



POT

- Plan de -
**Ordenamiento
Territorial**

Revisión y Ajuste del Plan de Ordenamiento Territorial
Municipio de Apartadó, Antioquia.

Documento de Diagnóstico y Medidas de Manejo
Sector El Porvenir (ASOJESUS)

2022





Tabla de Contenido

Tabla de Contenido	2
Lista de figuras	4
Lista de tablas	5
1. PRESENTACIÓN.....	6
2. ÁREA DE ESTUDIO	7
3. ANTECEDENTES ASOCIADOS AL ORDENAMIENTO TERRITORIAL CON INCIDENCIA EN EL SECTOR EL PORVENIR	8
3.1. Ajuste Excepcional del PBOT (Acuerdo Municipal 007 de 2013):.....	9
3.2. Revisión ordinaria del POT (Decreto Municipal No. 464 de 2019):	13
4. DIAGNÓSTICO.....	19
4.1. Análisis poblacional:	19
4.2. Delimitación de las zonas de amenaza y riesgo en el área de estudio:	22
4.2.1. Amenaza por movimiento en masa en el área urbana:.....	22
4.2.2. Amenaza por inundación en el área urbana:	24
4.2.3. Amenaza por avenidas torrenciales en el área urbana:	25
4.2.4. Áreas con condición de amenaza y riesgo:.....	26
4.2.5. A manera de conclusión:.....	27
4.3. Recarga del Acuífero:.....	28
4.3.1. Generalidades:	28
4.3.2. Recarga del acuífero:.....	34
4.3.3. Cálculo de la Recarga de Acuífero en el Polígono El Porvenir:	35
4.4. Contaminación del acuífero:.....	38
4.4.1. Contaminación por vertimientos:	39
4.4.2. Estimación de carga contaminante para el sector El Porvenir:	42
4.4.3. Otras fuentes de contaminación:	44



DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA
ALCALDÍA DE APARTADÓ
Secretaría de Planeación y Ordenamiento Territorial



5.	MEDIDAS DE MANEJO	47
5.1.	Medidas de mitigación y prevención de los impactos sobre la recarga de acuífero:	47
5.1.1.	Medidas de manejo asociadas al sistema de movilidad:.....	47
5.1.2.	Medidas de manejo asociadas al sistema de espacio público:.....	50
5.1.3.	Criterios de diseño y construcción de vías y espacio público:.....	53
5.1.4.	Volumen de tratamiento:.....	57
5.1.5.	Separación e infiltración de aguas lluvias:.....	61
5.1.6.	Lagunas de infiltración:	61
5.2.	Medidas de manejo para la contaminación del acuífero:.....	62
5.2.1.	Construcción de acueducto y alcantarillado:	62
5.2.2.	Sellamiento de aljibes:	64
5.3.	Otras medidas de manejo para la recarga de acuífero:.....	64
5.3.1.	Red de Piezómetros:	64
5.4.	Cronograma de implementación de medidas	65
6.	BIBLIOGRAFÍA	66





Lista de figuras

Figura 1. - Área de estudio – Sector El Porvenir o Asojesus.....	7
Figura 2. Área incorporada al perímetro urbano en el año 2013.....	10
Figura 3. Urbanismo sector El Porvenir.....	19
Figura 4. - Evolución Población Apartadó 2005-2030.....	21
Figura 5. Amenaza por movimientos en masa en suelo urbano	23
Figura 6. Amenaza por inundación en el área urbana	24
Figura 7. Amenaza por avenidas torrenciales en el área urbana	26
Figura 8. Áreas con condición de riesgo rural por movimientos en masa, inundación y avenidas torrenciales.....	27
Figura 9. Amenaza por movimiento en masa e inundación en el área de estudio (sector El Porvenir)	28
Figura 10.- Ubicación del Acuífero y las cabeceras Municipales	30
Figura 11. Zonas de recarga directa de los niveles someros del acuífero.....	31
Figura 12. Zonas de recarga de los niveles profundos del acuífero	32
Figura 13. Zonificación de los niveles profundos de recarga del Acuífero en el Sector “El Porvenir” ..	33
Figura 14.- Valor recarga acuífero	34
Figura 15.- Valor de recarga anual	35
Figura 16.- Recarga de acuífero en el polígono de 24.81 ha	36
Figura 17.- Recarga de acuífero en el polígono de 32.84 ha	37
Figura 18.- Recarga del polígono de 7.67 ha	38
Figura 19.- Vertimientos de agua residual doméstica.....	44
Figura 20.-Ubicación de aljibes identificados.....	45
Figura 21.- Aljibes identificados	46
Figura 22.- Propuesta Sistema Vial vehicular y peatonal.....	48
Figura 23.- Sección sistema vial vehicular.....	49
Figura 24.- Sección sistema vial peatonal.....	49
Figura 25.- Áreas con espacio público a cualificar - escala barrial.....	51
Figura 26.- Espacialización de las áreas con espacio público a cualificar	51
Figura 27.- Zona propuesta para el parque de borde	52
Figura 28.- Esquema comun de diseño de pavimento permeable.....	55
Figura 29.- Esquema comun de diseño de alcorques inundables.....	56
Figura 30.- Esquema comun de diseño de alcorques inundables.....	57
Figura 31.- Curvas IDF pertenecientes a la cuenca del río León	60
Figura 32.- Instalación de la primera etapa de alcantarillado	63



Lista de tablas

<i>Tabla 1. - Síntesis del proceso de ordenamiento territorial del Municipio de Apartadó.....</i>	<i>8</i>
<i>Tabla 2 - Distribución Población Sisben 2018</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 3.- Coeficiente de escorrentía para distinto materiales.....</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 4.- Estimación de carga contaminante</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 5.- Coeficiente de escorrentía para distinto materiales.....</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 6.- Etapas de construcción de acueducto y alcantarillado</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 7.- Carga contaminante evitada en la primera etapa de construcción de alcantarillado.....</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 8.- Carga contaminante evitada en la segunda etapa de construcción de alcantarillado.....</i>	<i>63</i>





1. PRESENTACIÓN





2. ÁREA DE ESTUDIO

De acuerdo con la información recolectada por la empresa GEOTRIE (2022) en el proceso de elaboración de los estudios de amenaza y riesgo como insumo básico dentro del proceso de revisión general del Plan de Ordenamiento Territorial (POT) del municipio de Apartadó se realizaron a lo largo del municipio levantamientos fotogramétricos usando vehículos aéreos no tripulados tipo drone para la cabecera municipal, zona de expansión urbana y centros poblados, con resoluciones de producto final 1:2.000 y 1:5.000 respectivamente, la cual es un insumo para la delimitación del área de estudio la cual corresponde a un polígono con una extensión aproximada de 24,8 hectáreas, tal como se presenta en la Figura 1.

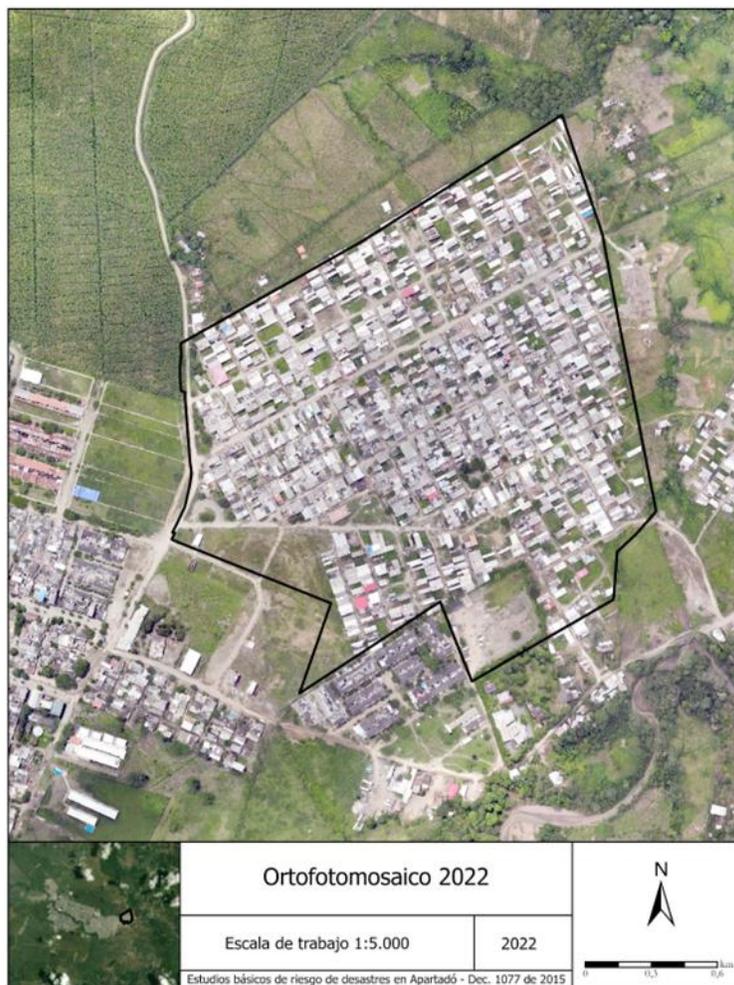


Figura 1. - Área de estudio – Sector El Porvenir o Asojesus



Fuente: Elaboración propia, 2022

3. ANTECEDENTES ASOCIADOS AL ORDENAMIENTO TERRITORIAL CON INCIDENCIA EN EL SECTOR EL PORVENIR

Resulta necesario identificar los antecedentes jurídicos del ordenamiento territorial del municipio de Apartadó a partir de la expedición de la Ley 388 de 1997, realizando énfasis en el sector denominado “El Porvenir” o “Asojesus”, es así como en la Tabla 1 se relacionan de manera breve, indicándo la Resolución mediante la cual se declararon por parte de CORPOURABA concertados tanto el POT inicialmente adoptado, como los demás procesos correspondientes a las modificaciones excepcionales de normas urbanísticas, ajuste excepcional para habilitar suelo para VIP/VIS y usos complementarios y revisiones ordinarias.

Tabla 1. - Síntesis del proceso de ordenamiento territorial del Municipio de Apartadó

Acuerdo / Decreto de aprobación	Resolución de concertación ambiental	Tipo de revisión
Acuerdo 084 de 2000	038800 del 15 de junio de 2000.	Adopción del Plan de Ordenamiento Territorial.
Acuerdo 07 del 16 de diciembre de 2005	00377 del 13 de mayo de 2005	Modificación excepcional de norma urbanística.
Acuerdo 07 de agosto de 2006	00865 del 6 de junio de 2007.	Modificación excepcional de norma urbanística.
Acuerdo 013 de septiembre de 2007	000844 del 5 de junio de 2007.	Modificación excepcional de norma urbanística.
Acuerdo 003 del 31 de marzo de 2009	00072 del 23 de enero de 2009.	Modificación excepcional de norma urbanística.
Acuerdo 003 del 23 de junio de 2011	300-03-10-22.0210-2011 del 14 de marzo de 2011.	Modificación excepcional de norma urbanística.
Acuerdo 004 del 22 de abril de 2013	300-03-10-22-0311-2013 del 19 de marzo de 2013.	Modificación excepcional de norma urbanística.
Acuerdo 007 del 27 de agosto de 2013 (Asojesus)	No hubo concertación de los asuntos ambientales.	Ajuste excepcional en el marco de la Ley 1537 de 2012.



Acuerdo / Decreto de aprobación	Resolución de concertación ambiental	Tipo de revisión
Acuerdo 025 del 15 de octubre de 2016	No se encuentra registro de concertación.	
Decreto Municipal No. 464 del 31 de diciembre de 2019.	300-03-10-22-1199-2019 del 27 de septiembre de 2019.	Revisión general ordinaria de largo plazo.

Fuente: Elaboración propia a partir de la información consignada en la Resolución 300-03-10-22-1199-2019 del 27 de septiembre de 2019 de Corpourabá

De las revisiones o modificaciones del Plan Básico de Ordenamiento Territorial es pertinente resaltar las dos siguientes:

3.1. Ajuste Excepcional del PBOT (Acuerdo Municipal 007 de 2013):

De conformidad con lo dispuesto en el artículo 47 de la Ley 1537 de 2012¹, modificado por el artículo 91 de la Ley 1753 de 2015², el Concejo del municipio de Apartadó expidió el Acuerdo 007 de 2013, fruto del cual se pretendió incorporar al suelo urbano, un área de 11,8 has. del desarrollo informal El Porvenir o Asojesus (en proceso de legalización), tal como se presenta en la Figura 2. Desarrollo informal que se ha consolidado en los últimos once (11) años con grandes deficiencias de soportes urbanísticos: vías, equipamientos, espacio público, servicios públicos domiciliarios, etc.

¹ “Por la cual se dictan normas tendientes a facilitar y promover el desarrollo urbano y el acceso a la vivienda y se dictan otras disposiciones”.

² “Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 “Todos por un nuevo país”.



Figura 2. Área incorporada al perímetro urbano en el año 2013

Fuente: Acuerdo Municipal 007 de 2013

Con respecto a este Acuerdo es importante referenciar que mediante la sentencia del 17 de junio de 2021 del Juzgado Segundo Administrativo Oral del Circuito de Turbo – Antioquia se decretó su nulidad, proceso en el cual fue demandante la Corporación para el Desarrollo Sostenible de Urabá – CORPOURABA, vinculados el Concejo Municipal de Apartadó, Aguas Regionales de Urabá S.A. E.S.P. y la Asociación Justicia Entregada a una Sociedad Unida y Soñada (ASOJESUS), bajo el radicado 05 837 33 33 002 2015-00142-00.

Ahora bien, la decisión de declarar la nulidad del Acuerdo Municipal 007 de 2013 por parte del Juez Administrativo se fundamentó en los siguientes aspectos que se resaltan de la *Ratio Decidendi*:

- El Acuerdo acusado viola las normas referenciadas en la demanda porque se desconocieron de manera flagrante las disposiciones legales y las directrices de la misma autoridad ambiental, excediendo así el Concejo Municipal de Apartadó el ámbito de sus competencias; porque además no respetó los principios de superioridad y sujeción normativa establecidos en el artículo 63 de la Ley 99 de 1993 con relación a CORPOURABA; dado que esta entidad ya había emitido directrices sobre el POT, precisamente por la presencia de la reserva hídrica del acuífero.
- El Acuerdo demandado tampoco se sometió a las determinantes del POT del municipio de Apartadó de que trata el artículo 10 de la Ley 388 de 1997 a pesar de que son normas



DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA
ALCALDÍA DE APARTADÓ
Secretaría de Planeación y Ordenamiento Territorial



de superior jerarquía, pues allí se señaló que en la elaboración y adopción de los POT se deben supeditar a las relacionadas con la conservación y protección del medio ambiente, los recursos naturales y a las directrices, normas y reglamentos expedidos en ejercicio de sus facultades legales por la CAR, y sobre todo a sus directrices para la conservación de las áreas de especial importancia y de los ecosistemas.

- El artículo 12 de la Ley 388 de 1997, establece que el perímetro urbano no puede ser mayor que el denominado perímetro de servicios; ello para dar cumplimiento al artículo 367 de la Constitución Política y además con el fin de evitar zonas urbanas sin posibilidad de cobertura de servicios públicos domiciliarios, que fue precisamente lo que ocurrió con el Acuerdo demandado; cuando al ampliar de manera excepcional la zona urbana en este acto administrativo, omitió dar cumplimiento a esta preceptiva legal; por lo tanto, dejó este asentamiento habitacional sin el saneamiento básico; situación esta que conlleva como se ha venido sosteniendo a la anulación de dicho Acuerdo por contrariar estas normas.
- El Concejo Municipal de Apartadó al expedir el Acuerdo 07 de 2013, no se sometió a la normatividad ya señalada, ni a las directrices dadas por CORPOURABA, en las resoluciones No. 300-03-10-23-1907-2010 del 30 de diciembre de 2010 y la No. 300-03-10-22-0210-2011 ya que en cada una de ellas se establecieron las determinantes ambientales para el POT, y de manera particular se le indicó la obligatoriedad de dar aplicación al Acuerdo No. 100-02-02-01-002-2008 de febrero 2008, expedido por CORPOURABA, en el cual se plasmaron los lineamientos para la exploración y explotación del agua subterránea en el acuífero del eje bananero, materia de discusión en este proceso. Acuerdo que a su vez tuvo como soporte, algunos documentos como fue, por ejemplo, los perímetros sanitarios dados por Aguas de Urabá, los estudios de zonificación de vulnerabilidad, riesgo y amenaza realizados por CORPOURABA y el Plan de Ordenación de Aguas Subterráneas del Eje Bananero, entre otros.
- Esta situación y el contexto habitacional de los moradores en ese lugar; le permite al Juez ordenar la prohibición de nuevos permisos y licencias de construcción y mucho menos, podrán las entidades demandadas y las prestadoras de servicios públicos, instalar más redes, a más viviendas a las que hoy en día están construidas; en general no se podrán adelantar otras construcciones distintas a las ya existentes.





DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA
ALCALDÍA DE APARTADÓ
Secretaría de Planeación y Ordenamiento Territorial



- Dicho de otra manera, en ese sector, donde se ubica el acuífero y donde se levantó de manera irregular la Asociación de Viviendas ASOJESUS, no se podrá permitir bajo ningún pretexto, nuevas construcciones para evitar que puedan contaminar el agua de la reserva natural; so pena de que las entidades y las personas responsables respondan por los daños causados.
- Es claro que el Acuerdo 07 de 2013 está viciado de nulidad porque contrarió el ordenamiento jurídico, pero en particular porque no tuvo en cuenta y no le dio aplicación a las disposiciones emanadas de la autoridad ambiental, en este caso de CORPOURABA, cuando se sabe que en asuntos como este, las entidades territoriales, están sometidas a la concertación de los POT, que deviene precisamente de la función legal que les corresponde a las Corporaciones Regionales; cuyo propósito principal se insiste, es garantizar la conservación del medio ambiente como derecho constitucional de los ciudadanos.





3.2. Revisión ordinaria del POT (Decreto Municipal No. 464 de 2019):

Mediante el Decreto Municipal No. 464 del 31 de diciembre de 2019 “Por el cual se adopta la revisión ordinaria del Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Apartadó 2020-2031”, derogando en su artículo 431 expresamente “el Acuerdo 084 de 2000, por el cual se adoptó el Plan de Ordenamiento Territorial y las revisiones extraordinarias del precitado Acuerdo Municipal, tales como las implementadas mediante los Acuerdos Municipales 004 del 22 de abril de 2103, el 007 del 27 de agosto de 2013 y el 025 del 25 de octubre de 2016”.

Este proceso fue objeto de concertación de los asuntos ambientales con CORPOURABA, de lo cual da cuenta la Resolución No. 300-03-10-22-1199-2019 en la que en las páginas 6, 7 y 9 se establece lo siguiente:

“Teniendo en cuenta que la zonificación del POMCA río León (acogida por resolución corporativa No. 100-03-20-01-1084-2019 del 04 de septiembre de 2019), determina para el sector El Porvenir (Asojesus) y Shaday, restricciones y condicionamientos con relación con la recarga del acuífero:

Medidas generales y de restricción	Medidas de Manejo El Porvenir (Asojesus) y Shaday	Observación
<p>Medidas generales y de restricción de actividades potencialmente impactantes.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Actividades permitidas: Establecimiento de coberturas de la tierra y usos del suelo que favorezcan la recarga del acuífero, como sistemas agroforestales, plantaciones forestales y cultivos permanentes arbustivos con manejo sostenible, producción agropecuaria de subsistencia. Todo ello con especies que favorezcan la recarga del acuífero. También se incluye en este uso los proyectos 	<p>Medidas de manejo en el desarrollo urbanístico, con la finalidad de mitigar efectos de impermeabilización del suelo, las administraciones municipales en su ejercicio de ordenación del territorio, que incluye la definición de sus normas urbanísticas y planes parciales, deberán tener en cuenta las siguientes actuaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zonas verdes en los diferentes tratamientos. Las cesiones en zonas residenciales o urbanizaciones para vivienda familiar, bifamiliar y multifamiliar para zonas verdes deberán ser como 	<p>Dentro del polígono de expansión urbano, se contemplan 32.82 ha, ubicada en lo que actualmente se denomina como ASOJESUS (Barrios el Porvenir, el Chadai y las Colinas), dicho polígono está ubicado en zona de Importancia Media Niveles profundos, en el cual está prohibido la construcción de vivienda masiva, por lo anterior el área construida no deberá crecer y se deberán tomar las medidas de manejo expuestas.</p>



DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA
ALCALDÍA DE APARTADÓ



Secretaría de Planeación y Ordenamiento Territorial

Medidas generales y de restricción	Medidas de Manejo El Porvenir (Asojesus) y Shaday	Observación
<p>productivos que se realicen en el marco de Programas con Enfoque Territorial – PDET-, los cuales, deberán controlar el uso de agroquímicos o buscar alternativas de abonos y control de plagas naturales o más amigables ambientalmente, de tal forma que la contaminación del suelo y el agua sea mínima.</p> <ul style="list-style-type: none">• Actividades condicionadas: Pecuario extensivo, cultivos permanentes herbáceos y cultivos transitorios de grandes extensiones, viviendas no nucleadas cumpliendo con la densidad de ocupación para los suelos de protección definidas por la Corporación en el Acuerdo No 100- 02-01-009-2009 del 16 de abril de 2009, explotaciones mineras de hidrocarburos.• Actividades prohibidas: quemas y talas, viviendas masivas para conjuntos residenciales y su infraestructura asociada, cementerios en tierra, estaciones de servicio, plantas de tratamiento de aguas residuales, rellenos sanitarios, escombreras y vertimientos a cielo abierto.• Prohibir los usos sanitarios de alto impacto. Se consideran como usos	<p>mínimo del 20% del área bruta del terreno a desarrollar las cuales deberán como conformarse con pisos permeable no menores al 50%. Los pisos deberán constituirse utilizando técnicas y vegetación que facilite la infiltración de las aguas lluvias.</p> <ul style="list-style-type: none">• Zonas verdes de urbanizaciones industriales: las zonas verdes que deben disponer la urbanización industrial deberán ser arborizadas con especies propias de la región que favorezcan la recarga. Se podrán utilizar técnicas SUDS como jardines de lluvia, estas zonas cumplirán un papel fundamental en el mantenimiento de función de recarga de los suelos en los cuales se localizan. Su diseño se aprobará con los respectivos planos al solicitar la licencia de construcción.• Antejardines de las zonas residenciales, comerciales, industriales e institucionales. Los retiros definidos como antejardines deberán construirse y conservarse en pisos permeables con vegetación que favorezca la recarga del acuífero. Su diseño se aprobará con los respectivos planos al solicitar la licencia de construcción.	





DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA
ALCALDÍA DE APARTADÓ



Secretaría de Planeación y Ordenamiento Territorial

Medidas generales y de restricción	Medidas de Manejo El Porvenir (Asojesus) y Shaday	Observación
<p>sanitarios de alto impacto: los rellenos sanitarios, los cementerios, las escombreras y las de tratamiento de aguas residuales.</p> <ul style="list-style-type: none">• Restringir la minería. Exigir que las licencias ambientales de los proyectos mineros se realicen bajo técnicas que minimicen la contaminación de las aguas subterráneas y realizar un control efectivo de la ejecución del plan de manejo.• Restringir la construcción y operación de estaciones de servicio.	<ul style="list-style-type: none">• Andenes. Promover en todos los tratamientos a desarrollar, principalmente en aquellos que se realizan sobre las zonas de recarga directa de los niveles someros del acuífero de mayor importancia, que a los andenes se le integre una zona verde mínimo de 0.8 metros, que deberá mantenerse con vegetación que favorezca la recarga del acuífero.• Vías. Que la zona de amoblamiento urbano o zona verde y el separador central que conforman la sección de las vías arterias urbanas, las zonas verdes de las vías colectoras se construyan y mantengan en piso permeables, que sean arborizados con vegetación que favorezca la recarga. En estas vías utilizar Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible que favorezcan la infiltración de las aguas lluvias como cunetas verdes, drenes filtrantes, entre otros. En las vías secundarias buscar alternativas de pavimentación permeables, si existe separador conservarlo como zona verde con vegetación que favorezca la recarga.• Espacio público. Que en los elementos que conforman los espacios públicos	





DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA
ALCALDÍA DE APARTADÓ
Secretaría de Planeación y Ordenamiento Territorial



Medidas generales y de restricción	Medidas de Manejo El Porvenir (Asojesus) y Shaday	Observación
	<p><i>destinados a plazas, parques y zonas verdes de propiedad pública o privada producto de la conformación de espacios públicos, se mantengan y diseñen como zonas verdes evitando el uso de pisos duros, en caso de que esto se dé que estos sean pisos permeables que permitan la filtración del agua lluvia.</i></p> <ul style="list-style-type: none"><i>• Conservar y mantener la vegetación riparia de las rondas hídricas de los cuerpos de agua, que hacen parte de los elementos naturales del espacio público urbano. Se deberá mejorar con vegetación nativa propia de ribera.</i><i>• Promover la construcción de alcantarillados y plantas de tratamiento de aguas residuales con el fin de evitar que al acuífero entre agua de calidad diferente a la natural.</i>	

Teniendo en cuenta que El Porvenir (Asojesus) y Shaday, en el proyecto actual del POT de Apartadó, se encuentra dentro del perímetro sanitario y en el polígono de zona urbana, el municipio de Apartadó define un tratamiento especial para dicho sector, para lo cual en los artículos 181, 200 y 201 del proyecto de Acuerdo, establece las siguientes acciones con la finalidad de mitigar efectos de impermeabilización del suelo:

- ✓ Los pisos de las zonas verdes deberán construirse utilizando técnicas y vegetación que facilite la infiltración de las aguas lluvias.*
- ✓ Según el artículo 2.2.6.1.4.5. del Decreto 1077 de 2015, las áreas de cesión, cuya finalidad es aportar a los equipamientos colectivos, vía y espacio público en general cuando*





DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA
ALCALDÍA DE APARTADÓ
Secretaría de Planeación y Ordenamiento Territorial



presentan áreas inferiores a las mínimas exigidas, o cuando su ubicación sea inconveniente para el municipio o distrito, se podrán compensar en dinero o en otros inmuebles, en los términos que reglamente el Concejo Municipal o Distrital. En estos casos se propone compensar las áreas faltantes en zonas de recarga directa de los niveles someros del acuífero de mayor importancia no urbanizadas, con el fin de contribuir a la conservación de las aguas subterráneas.

- ✓ *Los retiros definidos como antejardines deberán construirse y conservarse en pisos permeables con vegetación que favorezca la recarga del acuífero.*
- ✓ *Integrar a los andenes una zona verde mínimo de 0.5 metros, que deberá mantenerse con vegetación que favorezca la recarga del acuífero.*
- ✓ *Utilizar Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible que favorezcan la infiltración de las aguas lluvias como cunetas verdes, drenes filtrantes, entre otros. En las vías secundarias buscar alternativas de pavimentos permeables, si existe separador conservarlo como zona verde con vegetación que favorezca la recarga.*
- ✓ *Que en los elementos que conforman los espacios públicos destinados a plazas, parques y zonas verdes de propiedad pública o privada producto de la conformación de espacios públicos, se mantengan y diseñen como zonas verdes evitando el uso de pisos duros, en caso de que esto se dé que estos sean pisos permeables que permitan la filtración del agua lluvia”.*

Finalmente, en el numeral 11 de la citada Resolución Corporativa (página 42) con respecto a los sectores urbanos Porvenir y Shaday se acuerda entre CORPOURABÁ y el Municipio de Apartadó lo siguiente:

- *“Corto plazo: En concertación con los propietarios y CORPOURABÁ, generar un borde urbano (no urbanizable) como zona de amortiguamiento al acuífero confinado.*
- *Coordinar con CORPOURABA de una mesa interinstitucional que haga control y seguimiento a los procesos de urbanismo ilegal en la zona de recarga directa del acuífero profundo”.*

Así las cosas, es claro que para CORPOURABA en el año 2019 era viable incorporar el sector El Porvenir “Asojesus” al perímetro urbano del municipio de Apartadó, siempre y cuando se diera cumplimiento a las medidas de manejo orientadas a proteger la zona de importancia media de niveles profundos del Acuífero.





DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA
ALCALDÍA DE APARTADÓ
Secretaría de Planeación y Ordenamiento Territorial



A través de la sentencia ST. 035 del 1 de julio de 2021, el Tribunal Administrativo de Antioquia – Sala Segunda de Oralidad, dispuso la nulidad del Decreto No. 464 de 2019 “*Por medio del cual se adopta la revisión general del Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Apartadó 2020 – 2031*”, siendo demandante la Gobernación de Antioquia en ejercicio del control de legalidad a los acuerdos y decretos municipales. De la *ratio decidendi* de esta decisión judicial se resaltan los siguientes aspectos:

- La competencia del Alcalde para adoptar el Plan de ordenamiento territorial, sólo se habilita si vencido el plazo otorgado a favor del Concejo Municipal para el estudio del proyecto, éste no ha tomado una decisión al respecto.
- El alcalde remitió el 02 de octubre de 2019 el proyecto de revisión del POT, al Concejo Municipal de Apartadó, quien contaba con noventa (90) días para su aprobación.
- Entre el 02 de octubre y el 30 de diciembre de 2019, el Concejo Municipal aprobó el proyecto en primer debate, pero no hubo decisión en segundo debate, por falta de quorum deliberatorio.
- El Alcalde el 31 de diciembre de 2019 adoptó mediante el Decreto 464, la revisión ordinaria del Plan de desarrollo del Municipio de Apartadó (sic).

Pues bien, como quiera que los noventa (90) días son calendario e inician al día siguiente de la presentación del proyecto al Concejo, este término vencía para el caso concreto, el día 31 de diciembre de 2019, por lo que al día siguiente se habilitaba la competencia del Alcalde para adoptar por decreto la revisión del POT.

Si bien, conforme a las decisiones judiciales antes referidas el sector El Porvenir (Asojesus) en una extensión de 11,94 hectáreas fue excluido del suelo urbano ante la declaratoria de nulidad tanto del Acuerdo 007 de 2013 como del Decreto Municipal 464 de 2019, en el presente proceso de revisión general del POT la Administración municipal debe considerar no solo las decisiones adoptadas sino también la *ratio decidendi*, ello con la finalidad de no volver a incurrir en una situación que pueda conducir a una eventual demanda de simple nulidad o incluso a la declaratoria de la nulidad del Acuerdo que adopte la revisión, bien sea de manera total o parcial.





4. DIAGNÓSTICO

4.1. Análisis poblacional:

De acuerdo con los recorridos de campo realizados en el sector por parte del equipo técnico del presente proceso, el urbanismo previsto por los urbanizadores informales (ver Figura 3) y el ortofotomosaico (ver Figura 1), se ha establecido que en la actualidad se tienen 1.843 unidades de vivienda, las mismas que se encuentran ocupadas.



Figura 3. Urbanismo sector El Porvenir



Para efectos de establecer la población residente en el sector, se toma como referente la información contenida en el documento de diagnóstico del proceso de revisión general del POT entregado al Municipio de Apartadó, el cual fue desarrollado por el operador regional Consorcio Inypsa - Argea - Aceplan – Ur, dentro de programa de POT Modernos que adelantó el Departamento Nacional de Planeación DNP.

Conforme el Consorcio Inypsa - Argea - Aceplan – Ur (2018) de acuerdo con el DANE, la población estimada de Apartadó para el año 2017 es de 189.325 personas, siendo esta mayormente urbana con 164.190 habitantes (86,7%). La población rural es de 25.135 habitantes que representan el 12,3% de la población total del municipio; presentando, a nivel nacional, la mayor densidad poblacional con 28.884 habitantes/km².

4.1.1. Proyecciones poblacionales y caracterización de las tendencias:

Tal como se indicó el Consorcio Inypsa - Argea - Aceplan – Ur (2018) estimó que la población de Apartadó en 2017 era de 180.493 habitantes, y de acuerdo con los ejercicios de proyección utilizando el programa “Demographic Analysis and Population Projection System” desarrollado por la Oficina de los Censos de Estados Unidos, la población en este municipio en el año 2030 llegará hasta 242.939 habitantes; representando un crecimiento promedio anual de 2,3% desde 2017 hasta 2030.

En la siguiente gráfica se presenta la evolución de la población de Apartadó desde 2005 hasta 2030.

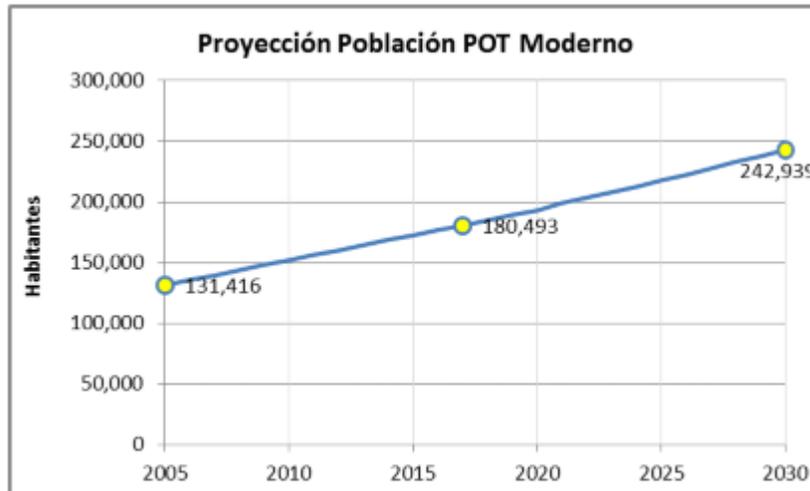


Figura 4. - Evolución Población Apartadó 2005-2030
 Fuente: Consorcio Inypsa - Argea - Aceplan – Ur (2018)

4.1.2. Cálculo del número de hogares por vivienda y de personas por hogar:

A partir de las bases de datos del SISBEN suministradas por el Departamento Nacional de Planeación al Consorcio Inypsa - Argea - Aceplan – Ur (2018), este pudo establecer que el número de hogares por vivienda promedio en el municipio de Apartadó es de 1,1 y el número promedio de personas por hogar 3,83, cuyo análisis se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2 - Distribución Población Sisben 2018

Comuna	Viviendas	Hogares	Personas	Hog/Viv	Pers/Hog
1. Bernardo Jaramillo	8.399	9.636	37.530	1,15	3,89
2. Ocho de Febrero	7.267	8.256	40.328	1,14	4,88
3. Pueblo Nuevo	4.407	4.977	17.556	1,13	3,53
4. José Joaquín Vélez	7.783	8.058	21.191	1,04	2,63
Zona Norte	238	238	867	1,00	3,64
Zona Occidente	743	757	2.527	1,02	3,34
Zona Sur	26	26	115	1,00	4,42
Cabecera Municipal	28.863	31.948	120.114	1,11	3,76
C.P.U. El Reposo	1.587	1.689	8.377	1,06	4,96
Total Urbano	30.450	33.637	128.491	1,10	3,82
Total Rural	3.923	4.224	19.394	1,08	4,59





Comuna	Viviendas	Hogares	Personas	Hog/Viv	Pers/Hog
Total	35.044	38.576	147.885	1,10	3,83

Fuente: Cálculo de Consorcio Inypsa - Argea - Aceplan – Ur (2018) con cifras Alcaldía de Apartadó

Así las cosas tenemos que en el sector El Porvenir en la actualidad se tiene un número aproximado de hogares de 2.027, para una población total de 7.763 habitantes aproximadamente, convirtiéndose en un núcleo población que demanda servicios sociales, servicios públicos e inversión social para su adecuada incorporación a la dinámica urbana del municipio de Apartadó.

4.2. Delimitación de las zonas de amenaza y riesgo en el área de estudio:

A partir de los resultados obtenidos en el estudio básico para la incorporación de la gestión del riesgo en el Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Apartadó, realizados en el año 2022 por parte de la empresa GEOTRIE para la Empresa para el Desarrollo Urbano y Hábitat -EDUH- del municipio de Apartadó, tenemos los siguientes resultados para el suelo urbano, dentro del cual fue considerada el área de estudio, para los fenómenos de movimiento en masa, inundación y avenida torrenciales.

4.2.1. Amenaza por movimiento en masa en el área urbana:

De acuerdo con GEOTRIE – EDUH (2022) (ver la Figura 5) las características específicas para cada zona de amenaza por movimiento en masa son las indicadas a continuación:



DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA
ALCALDÍA DE APARTADÓ
Secretaría de Planeación y Ordenamiento Territorial

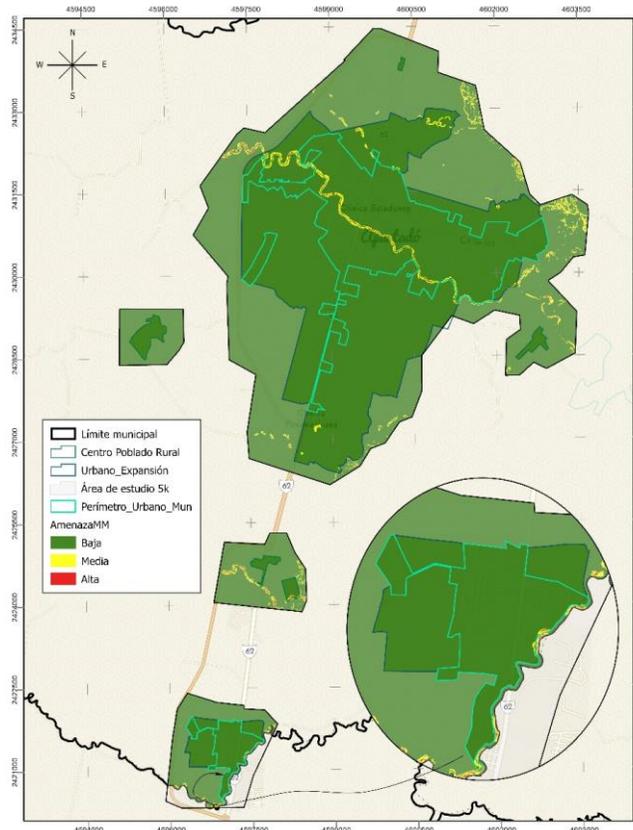


Figura 5. Amenaza por movimientos en masa en suelo urbano

Fuente: Geotrie – EDUH. Estudio Básico de Riesgo Municipio de Apartadó, 2022. Figura 284

“Las zonas de **amenaza alta** corresponden con laderas o márgenes de cuerpos de agua en los que han ocurrido movimientos en masa o confluyen condiciones que favorecen su ocurrencia como áreas de meteorización alta a moderada, discontinuidades desfavorables, alta pendiente, suelos de mediano a bajo comportamiento mecánico, erosión hídrica alta permanente en los márgenes de los cuerpos de agua.

Las zonas de **amenaza media** corresponden con laderas o márgenes de cuerpos de agua donde han ocurrido pocos movimientos en masa y existe la posibilidad de que se presenten pues confluyen algunas de las condiciones que favorecen su ocurrencia como erosión hídrica moderada o pendiente moderada a alta.

Las zonas de **amenaza baja** corresponden con laderas en las que no existen indicios que permitan predecir deslizamientos y confluyen pocas condiciones que favorecen su ocurrencia, son áreas con materiales con comportamiento mecánico favorable a la estabilidad, ausencia de fallamiento local o erosión hídrica y poca pendiente del terreno”.





4.2.2. Amenaza por inundación en el área urbana:

Según GEOTRIE – EDUH (2022) con respecto a la amenaza por inundación en el área urbana del municipio de Apartadó tenemos la zonificación que se presenta en la Figura 6 y cuya descripción corresponde a lo indicado a continuación.

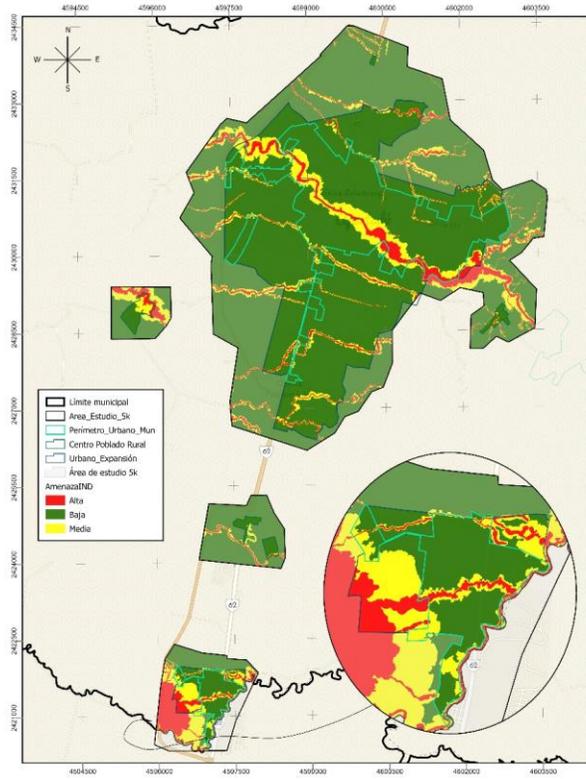


Figura 6. Amenaza por inundación en el área urbana

Fuente: Geotrie – EDUH. Estudio Básico de Riesgo Municipio de Apartadó, 2022. Figura 307

“Las zonas de **amenaza baja** corresponden con áreas con baja probabilidad de inundaciones por el desbordamiento de las quebradas o ríos. Dado que la probabilidad no es nula y que los análisis no contemplan numéricamente los efectos de la variabilidad climática y cambio climático, estas áreas convienen dentro en los planes de emergencia del municipio.

Las zonas de **amenaza media** corresponden con áreas que pueden ser inundadas por el desbordamiento de ríos y quebradas en los periodos extremos de altas precipitaciones y deben establecer estrategias y medidas de gestión de riesgo para anticiparse al evento de inundación con objeto de una respuesta oportuna y temprana.



*Las zonas de **amenaza alta** corresponden con áreas que se pueden afectar por inundaciones en los periodos de altas precipitaciones o incluso hacen parte del lecho del río que siempre sostendrá un nivel de agua en dichos periodos”.*

4.2.3. Amenaza por avenidas torrenciales en el área urbana:

La amenaza por avenida torrencial en el área urbana del municipio de Apartadó, según GEOTRIE – EDUH (2022), es baja tal como se presenta en la Figura 7, ello por cuanto *“la cabecera municipal no presenta evidencia geomorfológica o eventos históricos relacionados con avenidas torrenciales, no evidencia susceptibilidad a avenidas torrenciales, no tiene tampoco deslizamientos, flujos u otro tipo de movimiento en masa que pueda aportar sedimentos a los cuerpos de agua urbanos canalizados o naturales, no presenta cauces torrenciales (ningún cauce urbano está confinado por condiciones de relieve), no hay morfometrías propensas a torrencialidad y el área tributaria acumulada en el área urbana es además demasiado pequeña para lograr los caudales y la energía característica de una avenida torrencial”.*

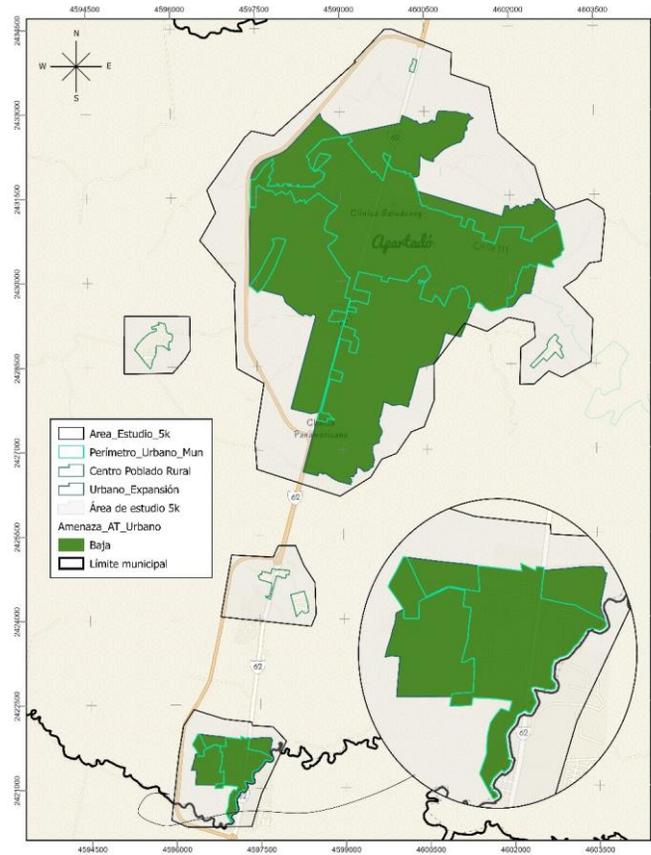


Figura 7. Amenaza por avenidas torrenciales en el área urbana

Fuente: Geotrie – EDUH. Estudio Básico de Riesgo Municipio de Apartadó, 2022. Figura 343

4.2.4. Áreas con condición de amenaza y riesgo:

De acuerdo al Decreto Nacional 1077 de 2015 se definen como áreas con condición de amenaza a las áreas del territorio municipal zonificadas como de amenaza alta y media en las que se establezca en la revisión o expedición de un nuevo POT la necesidad de clasificarlas como suelo urbano, de expansión urbana, rural suburbano o centros poblados rurales para permitir su desarrollo, en consecuencia en el presente proceso de revisión del POT una vez definida a dicha clasificación del suelo se debe proceder definir las áreas con “condición de amenaza”.

Con respecto a la delimitación y zonificación de las áreas con condición de riesgo tenemos que según el Decreto Nacional 1077 de 2015 corresponde con los sectores de elementos expuestos (áreas urbanizadas, ocupadas o edificadas, así como en las que se encuentren



elementos del sistema vial, equipamientos indispensables (salud, educación, otros), líneas vitales e infraestructura de servicios públicos” categorías de amenaza alta para cualquiera de los fenómenos amenazantes analizados en las dos escalas de análisis.

Para el caso del municipio de Apartadó según GEOTRIE – EDUH (2022) en la Figura 8 se delimitan las áreas con condición de riesgo por movimiento en masa (MM_R), inundación (IN_R) y avenidas torrenciales (AT_R), para la totalidad del territorio municipal.

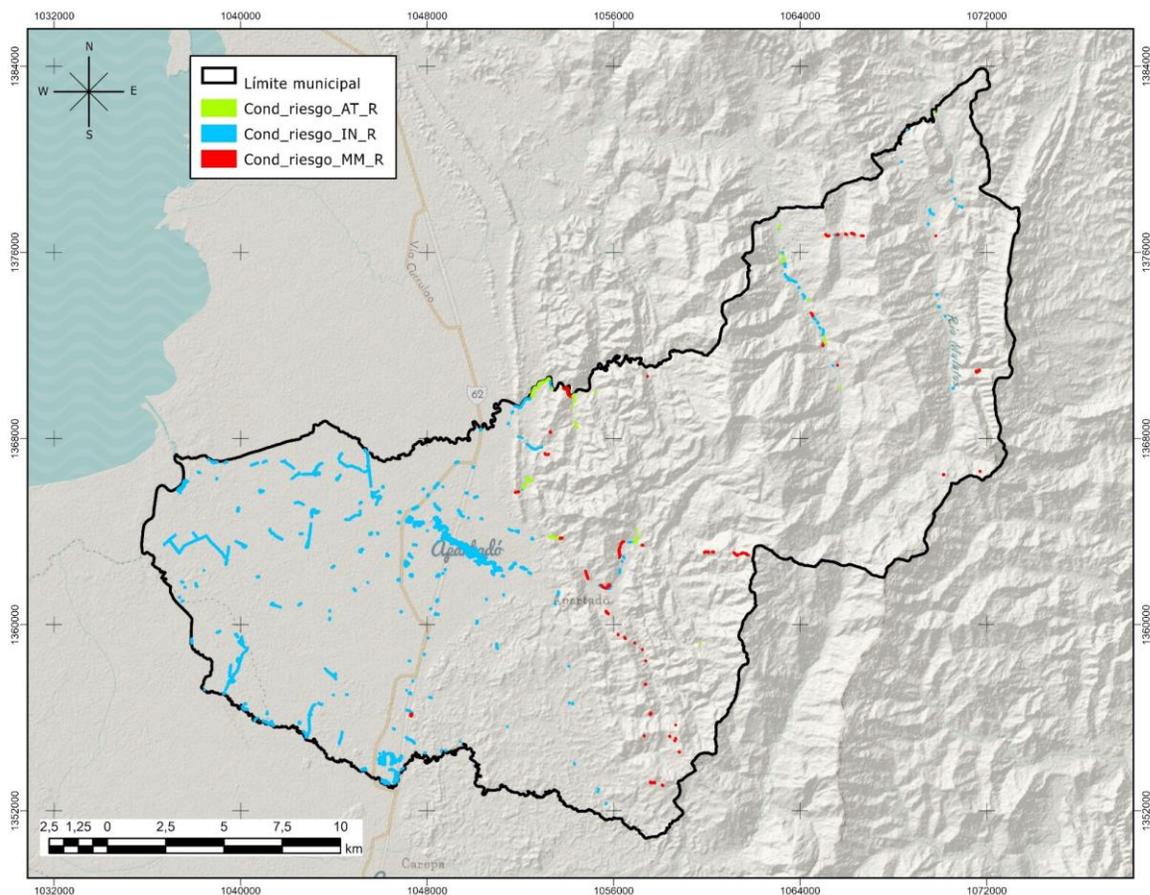


Figura 8. Áreas con condición de riesgo rural por movimientos en masa, inundación y avenidas torrenciales

Fuente: Geotrie – EDUH. Estudio Básico de Riesgo Municipio de Apartadó, 2022. Figura 355

4.2.5. A manera de conclusión:

De acuerdo con lo expuesto en esta sección, se concluye con GEOTRIE – EDUH (2022) en el



estudio básico para la incorporación de la gestión del riesgo en el Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Apartadó que el área de estudio no presenta mayores restricciones desde la amenaza por los diferentes fenómenos, tal como se presenta en la Figura 9.

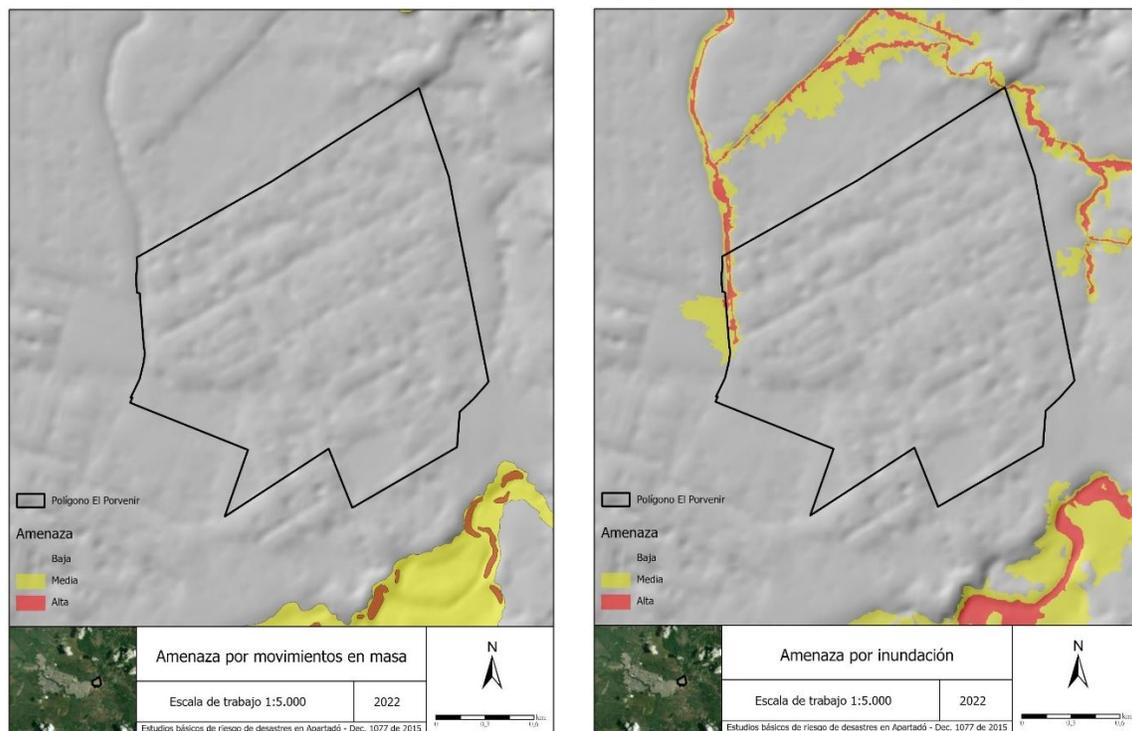


Figura 9. Amenaza por movimiento en masa e inundación en el área de estudio (sector El Porvenir)

Fuente: Elaboración propia a partir de información de Geotrie – EDUH. Estudio Básico de Riesgo Municipio de Apartadó, 2022.

4.3. Recarga del Acuífero:

4.3.1. Generalidades:

El acuífero objeto de análisis se localiza en la subregión del Urabá antioqueño, la cual está conformada por once municipios, que por sus diferentes dinámicas económicas, ambientales, culturales y niveles de articulación se agrupan en tres zonas claramente determinadas.



DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA
ALCALDÍA DE APARTADÓ
Secretaría de Planeación y Ordenamiento Territorial



- Zona Norte: Arboletes, Necoclí, San Juan de Urabá y San Pedro de Urabá.
- Zona Centro: Apartadó, Carepa, Chigorodó, Mutatá y Turbo.
- Zona Atrato Medio: Murindó y Vigía del Fuerte.

Con una extensión aproximada de 1.206 km², el área de estudio limita al oriente con las serranías de Abibe y Las Palomas, al norte con el litoral del mar Caribe, al occidente con el Golfo de Urabá y al sur con el río León. Se localiza entre las coordenadas 8°10'34"N y -76°49'25"O (Gobernación de Antioquia, 2012a)

Esta zona está conformada por los siguientes elementos naturales que juegan un papel como ordenadores y estructurantes del territorio: i) el Golfo de Urabá; ii) las planicies aluviales de los ríos y sus sistemas de humedales-acuíferos; y iii) la Serranía de Abibe. Estas piezas importantes de la geografía tienen relevancia tanto geográfica como en los procesos que a nivel sociocultural han determinado la ocupación del territorio (Gobernación de Antioquia, 2012a).

El Golfo es una ecorregión estratégica por su riqueza ambiental. Tiene asociados ecosistemas mangláricos y humedales de importancia regional y global. La escorrentía está dominada por los aportes hídricos del río Atrato –caudales promedio multianuales de 2.372 m³/s en la estación Bellavista– y el León, además de otros 23 pequeños ríos. Esta carga de aguas trae consigo un aporte de sólidos de 1.1x10⁶ ton/año (Gobernación de Antioquia, 2012a); estas características confieren al Golfo de Urabá la condición de un estuario, rico en diversidad de ambientes o hábitats.

Dentro del componente hídrico se destacan las aguas subterráneas, las cuales constituyen la base fundamental para el suministro de agua de la población y el sector productivo, además es la principal fuente de abastecimiento de 34 comunidades rurales y de las cabeceras urbanas de los municipios de Turbo y Chigorodó. También permite la provisión de agua para riego y lavado de la fruta en cultivos de banano y de plátano en los municipios de Turbo, Apartadó, Carepa y Chigorodó, convirtiéndose este recurso en motor del desarrollo económico de la región. A continuación, se especializa la zona de estudio correspondiente al acuífero (Ver Figura 10).





DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA
ALCALDÍA DE APARTADÓ

Secretaría de Planeación y Ordenamiento Territorial

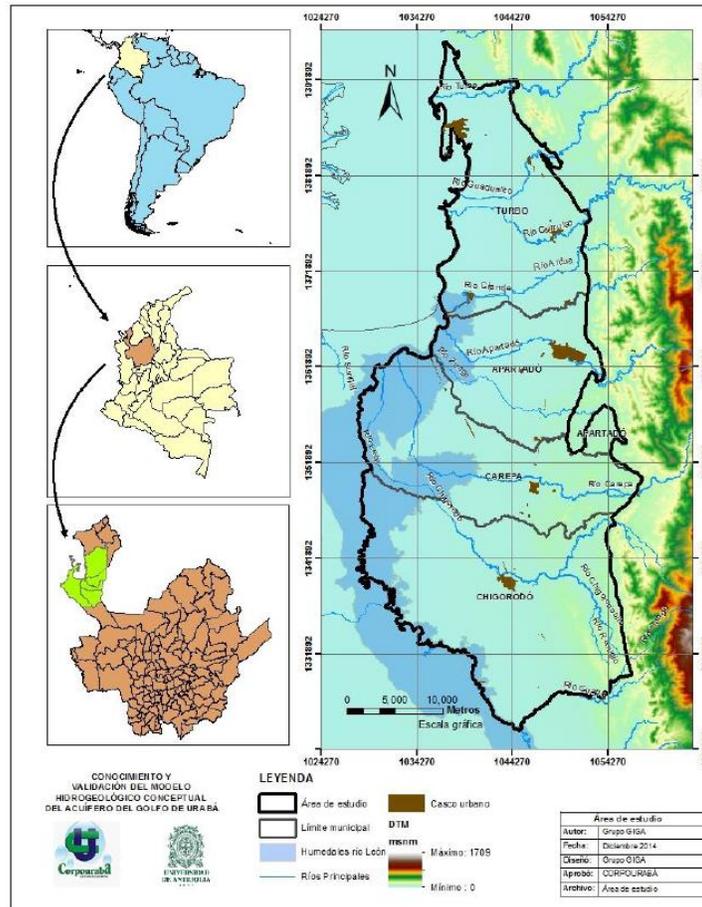


Figura 10.- Ubicación del Acuífero y las cabeceras Municipales

Fuente: CORPOURABA 2016

De acuerdo con CORPOURABA (2018) tenemos que la zonificación del acuífero se divide, por una parte, en el acuífero libre o zonas de recarga para los niveles someros y en los niveles profundos del acuífero (acuífero confinado).

Para el caso del acuífero libre o zonas de recarga para los niveles someros del sistema acuífero corresponde a la Figura 11, en la cual se clasifica en zonas de recarga directa de mayor y menor importancia, destacándose que en términos de área es más representativa las zonas de recarga directa de menor importancia.





DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA
ALCALDÍA DE APARTADÓ
Secretaría de Planeación y Ordenamiento Territorial

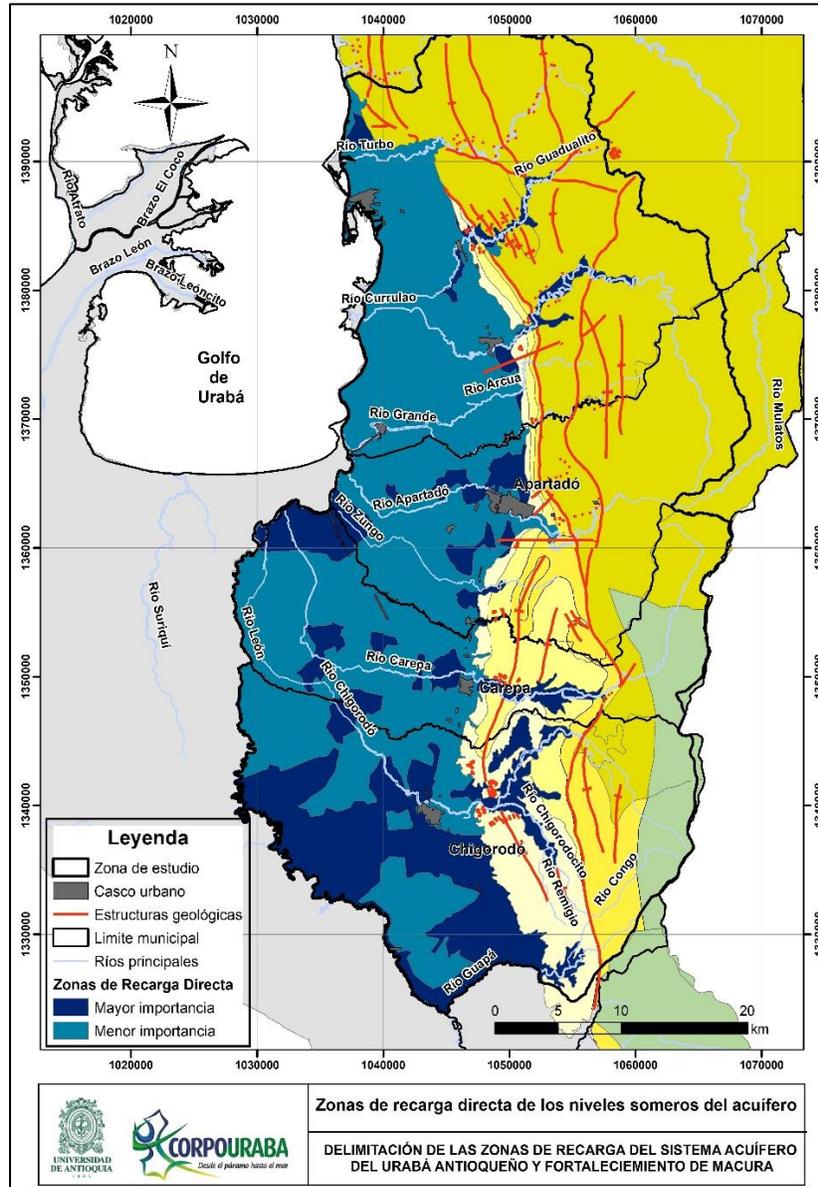


Figura 11. Zonas de recarga directa de los niveles someros del acuífero

Fuente: CORPOURABA; Universidad de Antioquia. 2018. Delimitación de Las Zonas de Recarga del Sistema Acuífero y Fortalecimiento de La Mesa de Trabajo –MACURA- y Medidas de Manejo para la Protección de las Zonas de Recarga del Acuífero del Golfo de Urabá.

Con respecto a las zonas de los niveles profundos del acuífero (acuífero confinado) se presenta como zonas de recarga regional y corresponde a la Figura 12 en la cual se identifican y delimitan cuatro (4) zonas a saber: Indirecta de importancia baja, indirecta de importancia





DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA
ALCALDÍA DE APARTADÓ
Secretaría de Planeación y Ordenamiento Territorial



media, indirecta de importancia alta y zona de recarga directa, siendo la más representativa en términos de extensión la zona indirecta de importancia baja.

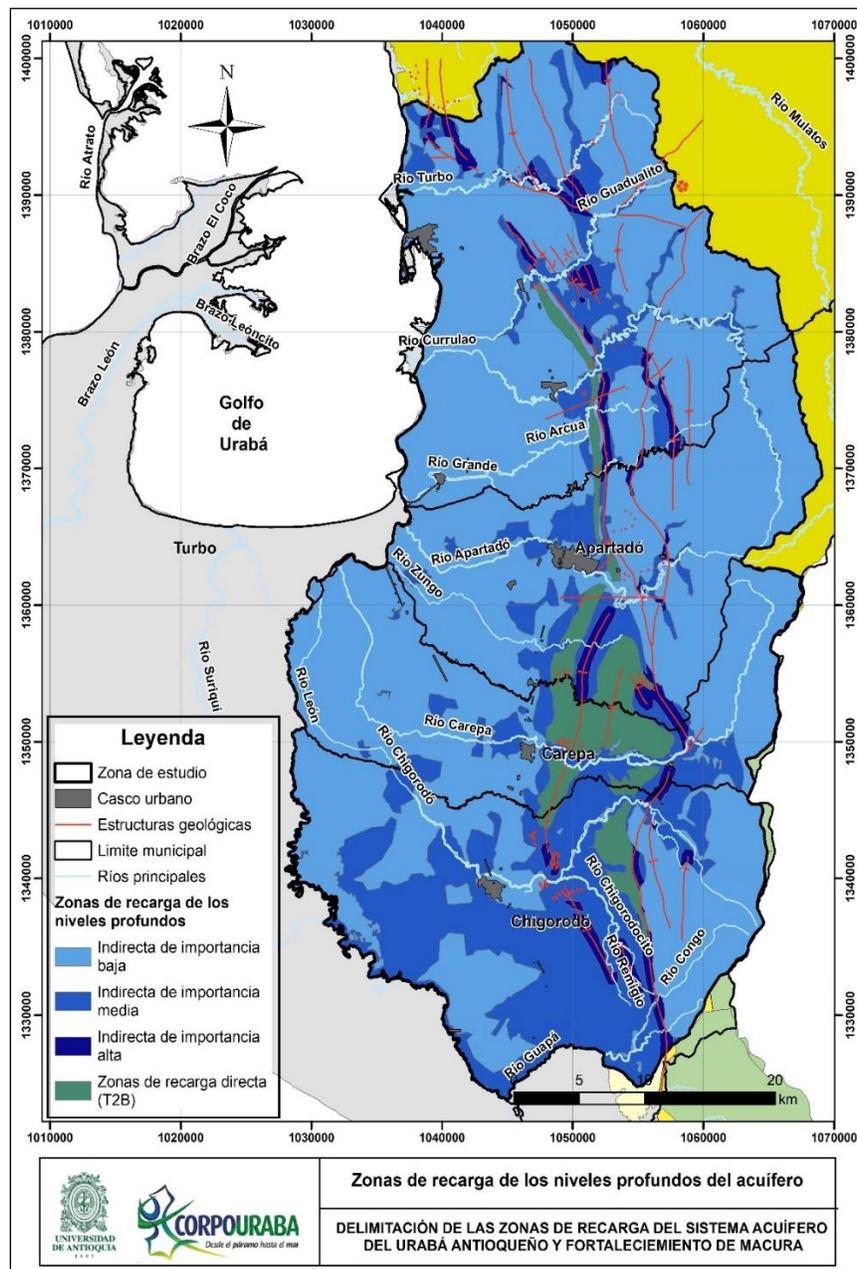


Figura 12. Zonas de recarga de los niveles profundos del acuífero

Fuente: CORPOURABA; Universidad de Antioquia. 2018. Delimitación de Las Zonas de Recarga del Sistema Acuífero y Fortalecimiento de La Mesa de Trabajo –MACURA- y Medidas de Manejo para la Protección de las Zonas de Recarga del Acuífero del Golfo de Urabá.

Centro Administrativo Municipal / Carrera 100 No. 103A - 02 / Teléfono: 828 04 57
Ext. 1800 E-mail: planeacion@apartado-antioquia.gov.co / www.apartado-antioquia.gov.co
Código Postal Área Urbana: 057840 - código postal Área Rural: 057847
SC-CER 1712-1 CO-CER 1712-1





De la Figura 11 – Zonas de recarga directa del acuífero libre o del nivel somero y en la Figura 12 – zonas de recarga de los niveles profundos, se concluye que el área del sector “El Porvenir” hace parte en su totalidad de las zonas de recarga de los niveles profundos del Acuífero, más exactamente como zonas de recarga indirecta de importancia media y baja, en una distribución de 92,1% y 7,9% respectivamente, tal como se presenta en la Figura 13.

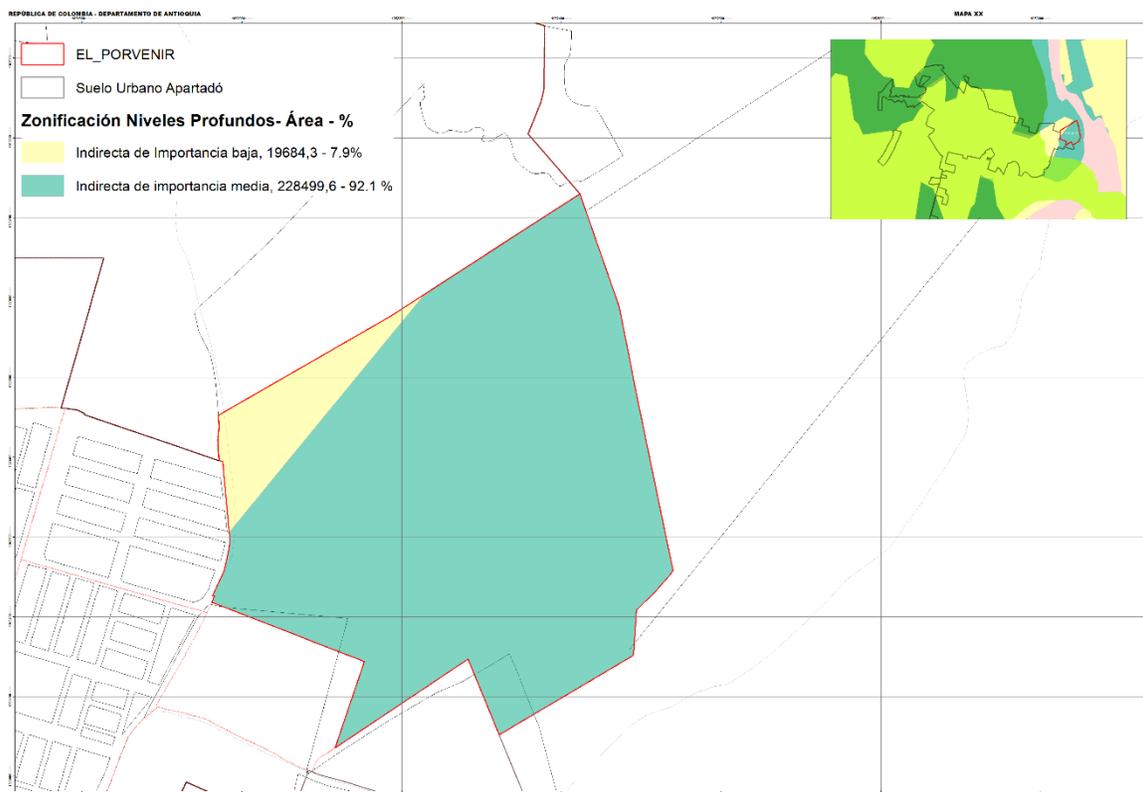


Figura 13. Zonificación de los niveles profundos de recarga del Acuífero en el Sector “El Porvenir”
Fuente: Elaboración propia a partir de CORPOURABA; Universidad de Antioquia. 2018. Delimitación de Las Zonas de Recarga del Sistema Acuífero y Fortalecimiento de La Mesa de Trabajo –MACURA- y Medidas de Manejo para la Protección de las Zonas de Recarga del Acuífero del Golfo de Urabá.

CORPOURABA a través del Acuerdo No. 100-02-02-01-005-2020 del 22 de septiembre de 2020 estableció los lineamientos para la gestión para la gestión integral de las aguas subterráneas en los municipios de la jurisdicción de dicha Corporación, lo cual complementa las medidas de manejo adoptadas por la misma autoridad ambiental en la Resolución No. 300-03-30-99-1185-2019 del 23 de septiembre de 2019 a través de la cual se establecieron



las determinantes ambientales para la formulación, revisión y ajuste de los Planes de Ordenamiento Territorial.

4.3.2. Recarga del acuífero:

CORPOURABA 2016, define que la recarga al Sistema Hidrogeológico de Urabá se estaría dando a partir de los excedentes de precipitación que se infiltra a través de las zonas con mayor permeabilidad, estas se encuentran distribuidas en la planicie aluvial y en las colinas orientales que enmarcan las estribaciones de la Serranía de Abibe. Los niveles someros del sistema recibirían la mayor parte de los excedentes de precipitación que se convierten en recarga, mientras que en los niveles más profundos se deben estar dando flujos regionales que involucran agua almacenada en el subsuelo por largos periodos y que seguramente han recorrido grandes distancias.

En el año 2016 CORPOURABÁ a través de la Universidad de Antioquia, elaboraron cartografía referente a la recarga de acuíferos diferenciados por meses, en los cuales se obtiene una segregación mes a mes, obteniendo datos máximos de 49.7 mm para el mes de septiembre y mínimos de 7.39 mm para el mes de enero. Esos datos, corresponden entre otras cosas, a la precipitación de cada mes.

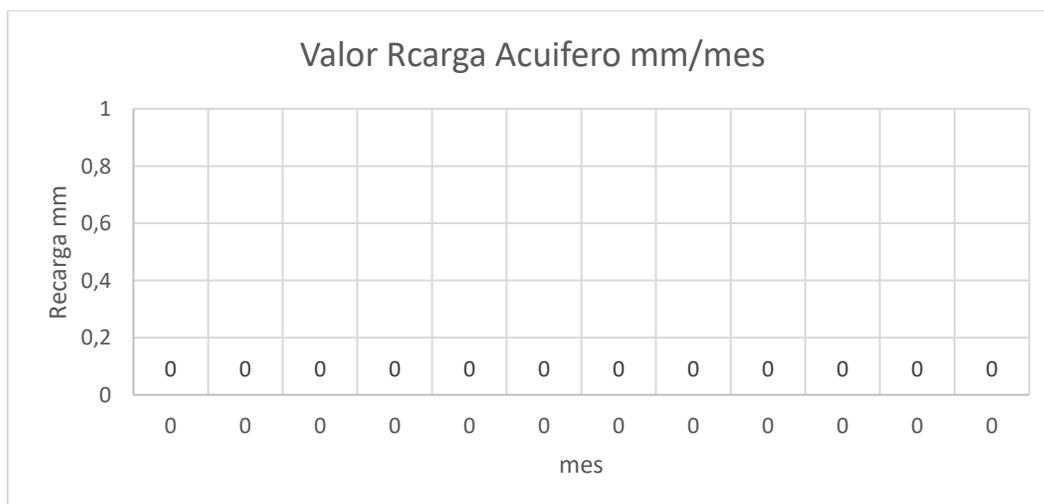


Figura 14.- Valor recarga acuífero

Fuente: CORPOURABA 2016

Con esta información se construyó, mediante algebras de mapas, un único raster que





contiene la información de la recarga total al año. La recarga total del acuífero se estimó en 3218193.25 mm/año, con áreas de recarga máxima de 296 mm en algunas zonas ubicadas sobre el costado norte del municipio de Chigorodó. Para el caso del Municipio de Apartadó, las zonas de mayor recarga se encuentran cuantificadas sobre los 232.33 mm y se encuentran igualmente hacia el costado norte del mismo. A continuación, se especializa el ráster obtenido como resultado de la sumatoria de las recargas de cada mes.

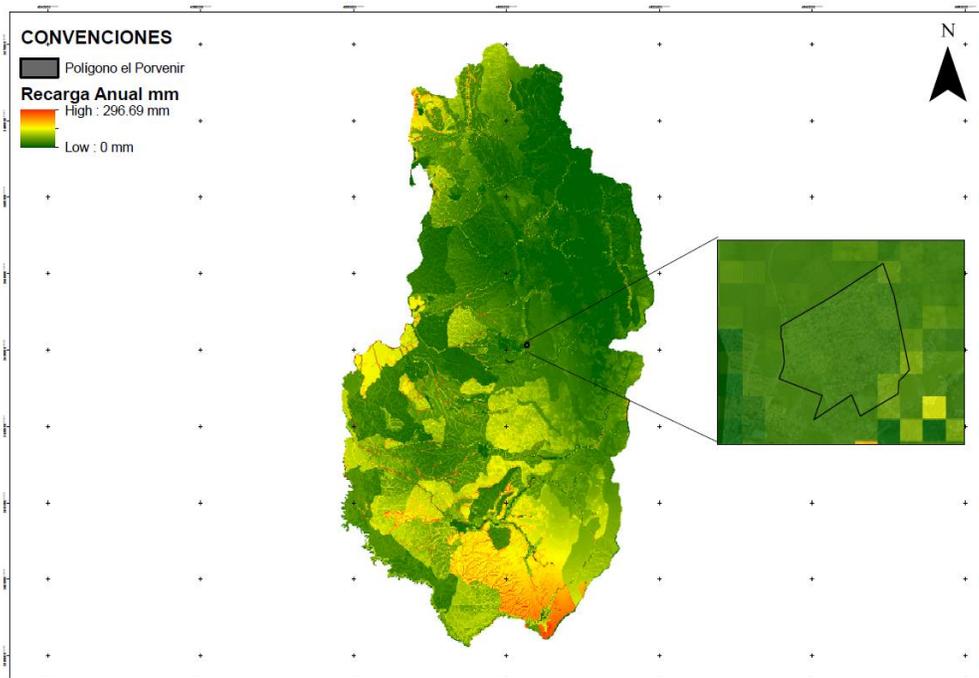


Figura 15.- Valor de recarga anual

Fuente: Elaboración propia a partir de información de CORPOURABA 2016

4.3.3. Cálculo de la Recarga de Acuífero en el Polígono El Porvenir:

Tal como se ha mencionado anteriormente, el polígono El Porvenir se encuentra ubicado en el costado nororiental del casco urbano del municipio de Apartadó. Este polígono cuenta con un área aproximada de 32.48 ha de las cuales, actualmente se encuentran ocupadas 24.81 ha. El desarrollo de este polígono se ha realizado de manera informal en los últimos años, dando lugar a un incremento de viviendas y pobladores de manera exponencial, donde las prácticas constructivas y de manejo de vertimientos han favorecido la permeabilización del suelo y la contaminación del acuífero a través de descargas directas o pozos sépticos.



Para estimar la cantidad de la recargara del acuífero asociada al polígono del porvenir, se utilizó el raster de recarga para la totalidad del acuífero, a partir del cual, mediante un corte de este se pudieron establecer los pixeles, de tamaño de 100 m, pertenecientes a la zona de El Provenir para posteriormente realizar el cálculo de la recarga total.

4.3.3.1. Recarga en el polígono ocupado (24.81 ha):

El cálculo de la recarga para el polígono 1, de 24.81 ha, se realizó mediante el corte del raster con el extent del área definida como área de estudio. Es necesario tener en cuenta que al trabajar con capas base asociadas a datos raster, algunos pixeles no alcanzan a ser abarcados en su totalidad por el área de estudio o en este caso entidad de recorte. Por ello, una vez se trabajó con el extent, se procedió a cortar los pixeles para que coincidirán con la figura geométrica del polígono de estudio; para posteriormente calcular el equivalente de la recarga asociada al tamaño de píxel resultante.

A continuación, se espacializan dichos resultados.

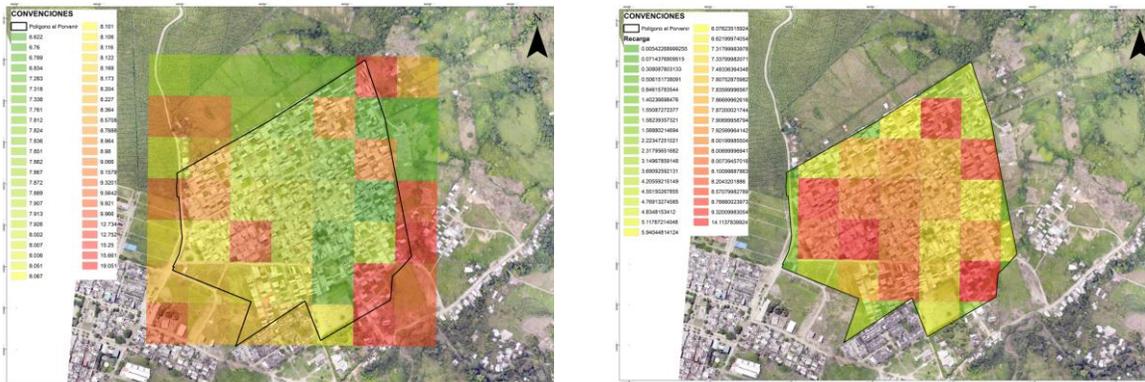


Figura 16.- Recarga de acuífero en el polígono de 24.81 ha
Fuente: Elaboración propia a partir de información de CORPOURABA 2016

Una vez realizados los cálculos se obtiene que el polígono de El Porvenir cuenta con unos valores de recarga entre los 0 mm/año y 14.11 mm/año, dando como resultado un valor total de recarga de 211.83 mm/año. Este valor, para el presente análisis se entiende como el valor que actualmente se está dejando de infiltrar cada año, entendiendo que los procesos constructivos y de ocupación del suelo se han desarrollado bajo practicas constructivas que



han impedido las superficies permeables. En este sentido, este valor representa entonces el impacto generado cuantitativamente sobre la recarga del acuífero por el desarrollo no planificado y exponencial del sector El Porvenir.

4.3.3.2. Recarga en el polígono total (32.48):

El cálculo de la recarga para el polígono total de 32.48 ha se realizó utilizando el mismo tratamiento de píxeles descrito con anterioridad. A continuación, se espacilizan estas áreas.

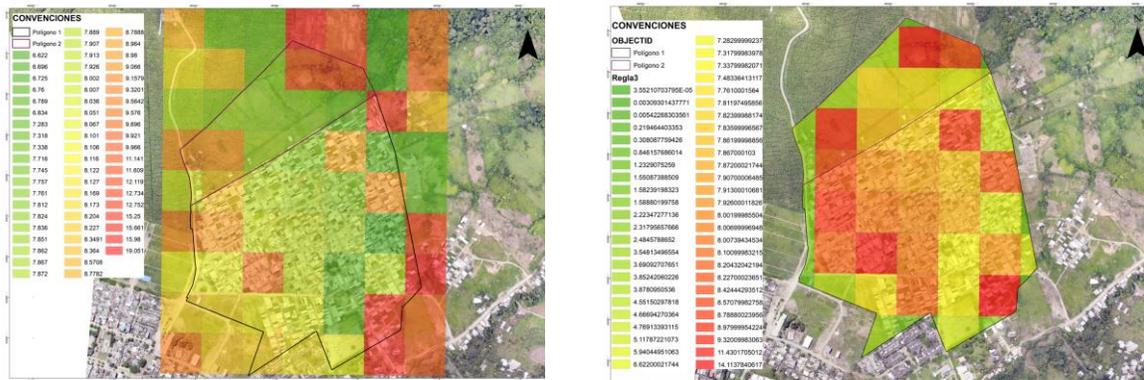


Figura 17.- Recarga de acuífero en el polígono de 32.84 ha
 Fuente: Elaboración propia a partir de información de CORPOURABA 2016

Luego de realizar el análisis de recarga para los píxeles contenidos en el polígono de 32.48 ha, se obtuvieron valores mínimos de 0 mm/año y máximos de 14.11 mm/año; dando como resultado una recarga total de 287.17 mm/año. Al hacer el cálculo de la recarga únicamente para las 7.67 ha que actualmente no se encuentran ocupadas, se obtiene un valor total de recarga de 75.34 mm/año, con valores mínimos muy cercanos a 0 y máximos de 11.43 mm/año, tal como se muestra a continuación:



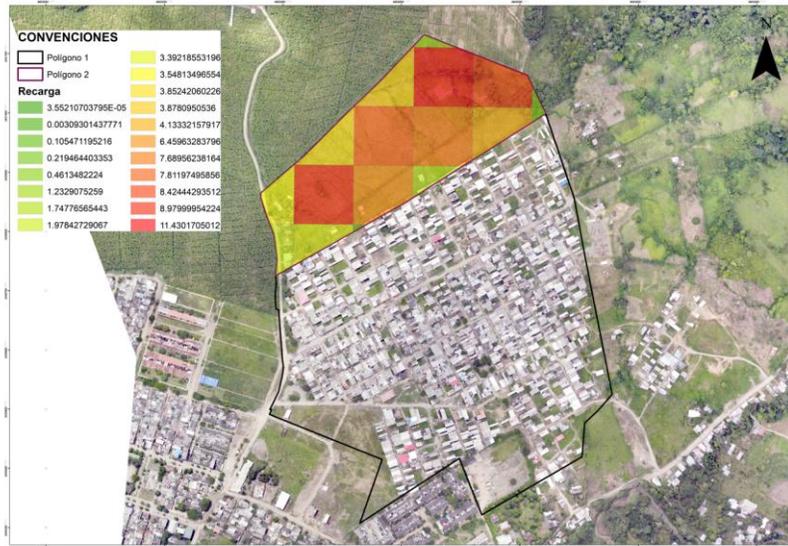


Figura 18.- Recarga del polígono de 7.67 ha

Fuente: Elaboración propia a partir de información de CORPOURABA 2016

Estos 75.34 mm/año serán entendidos como los valores de recarga que serán salvaguardados ya que actualmente esta zona no ha sido ocupada, pero las dinámicas de crecimiento tendenciales muestran que de no realizarse ninguna intervención sobre esta, en unos pocos años tendrá una densificación igual o mayor a la encontrada en el polígono de las 24.81 ha. Es por esto que las medidas de manejo que se propongan deberán estar encaminadas no solo a mitigar el impacto sino también a prevenir la ocupación de este territorio que finalmente se traduce en medidas que permitirán conservar los valores de recarga anteriormente mencionados.

4.4. Contaminación del acuífero:

El agua (superficial o subterránea), además de ser una sustancia imprescindible para la vida, por sus múltiples propiedades, es ampliamente utilizada en actividades diarias tales como la agricultura (70% al 80%), la industria (20%), usos doméstico (6%), entre otras, convirtiéndose en uno de los recursos más apreciados en el planeta (Pulido et al., 2005), es así como las principales razones para el establecimiento de programas de monitoreo de la calidad del agua tienen que ver con la necesidad de verificar si la calidad del recurso cumple con las condiciones para los usos requeridos, con la determinación de las tendencias de la calidad del ambiente acuático y como éste se ve afectado por el vertimiento de contaminantes y



nutrientes originados por actividades humanas en las diferentes fuentes hídricas y acuíferos subterráneos.

La contaminación de las aguas subterráneas, que son parte de las aguas continentales, se ha convertido en uno de los grandes problemas ambientales. Este fenómeno tiene lugar cuando las sustancias o las partículas contaminantes se incorporan en los acuíferos, pudiendo alterar las propiedades físico-químicas de las aguas subterráneas y, por ende, su calidad.

4.4.1. Contaminación por vertimientos:

Las aguas residuales son aquellas que sus propiedades naturales presentan alteraciones producto de la intervención que realiza el hombre, además la disposición de sus aguas requiere de algún tratamiento, antes de ser reusadas o vertidas a un cuerpo de agua natural. Existen diferentes clasificaciones de las aguas residuales de tipo: industrial, municipal y doméstico. En el caso de las aguas residuales domésticas estas se caracterizan por la presencia de residuos líquidos de origen principalmente residencial que suelen contener gran cantidad de materia orgánica (OEFA, 2014). Por otra parte, el inapropiado manejo de las aguas residuales de tipo doméstico representa la mayor fuente de contaminación para los cuerpos de agua, en el cual sus residuos domésticos son vertidos sobre las diferentes fuentes hídricas a través de un sistema de alcantarillado, o en otros casos son liberados directamente sobre los ríos o al suelo sin ningún tipo de control o pre tratamiento, como lo dispone la ley (Yana, 2014); tal como sucede en el sector El Porvenir.

Para la estimación de la contaminación del recurso hídrico subterráneo en el sector el porvenir, se parte del análisis de los contaminantes principales que son comúnmente encontrados en las caracterizaciones de vertimientos domésticos y para los cuales, el RAS 2000 dispone de información acerca de las cantidades promedio de carga contaminante por habitante; información que resulta muy valiosa para estimar el potencial contaminante de las viviendas de El Porvenir, ya que los vertimientos generados en esta área no cuentan con tratamiento y por el contrario son comúnmente vertidos al suelo, bien sea por vertimiento directo o a través de un pozo séptico.

Para efectos del presente análisis, se tomó la información de la sección E del RAS 2000, en el cual, tal como se mencionó anteriormente, establece las cargas contaminantes por persona, en los vertimientos domésticos. Los parámetros de los cuales se obtiene esta información se



definen a continuación:

4.4.1.1. Demanda Biológica de Oxígeno – DBO5

La DBO, Demanda Biológica de Oxígeno y la DQO, Demanda Química de Oxígeno son unos de los parámetros más importantes en la caracterización (medición del grado de contaminación) de las aguas residuales. La DBO es la demanda bioquímica de oxígeno que tiene un agua. Es la cantidad de oxígeno que los microorganismos, especialmente bacterias (aeróbicas o anaeróbicas), hongos y plancton, consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra. Se utiliza para medir el grado de contaminación. La DBO es un proceso biológico y por lo tanto es delicado y requiere mucho tiempo. Como el proceso de descomposición depende de la temperatura, se realiza a 20°C durante 5 días de manera estándar, denominándose DBO5.

Según el RAS 2000, los valores estándares de DBO 5 en aguas residuales domésticas se encuentran entre 25 y 80 g/hab/día; con un valor sugerido de 50 g/hab/día.

4.4.1.2. Sólidos en suspensión

En el agua que se encuentra en la naturaleza se pueden encontrar varias impurezas de forma suspendida o disuelta. En la cuantificación de los niveles de impurezas, el término sólido en suspensión describe las partículas en suspensión presentes en una muestra de agua. Prácticamente, estas partículas se definen por su imposibilidad de ser separadas de la muestra de aguas usando un filtro. Las partículas más pequeñas, incluyendo especies conteniendo cargas iónicas, se refieren como sólidos disueltos. El contaminante más común del mundo es la tierra en forma de TSS (siglas en inglés de total suspended sólidos, sólidos en suspensión totales). Los SST se consideran como la cantidad de residuos retenidos en un filtro de fibra de vidrio con tamaño de poro nominal de 0.45 micras y hace referencia al material particulado que se mantiene en suspensión en las corrientes de agua superficial y/o residual (CAN, 2005).

Según el RAS 2000, los valores estándares de SST en aguas residuales domésticas se encuentran entre 30 y 100 g/hab/día; con un valor sugerido de 50 g/hab/día.



4.4.1.3. NH₃-N Como N.

En aguas residual, las formas de nitrógeno de mayor interés son, en orden decreciente de estado de oxidación, nitrato, nitrito, amoniac nitrógeno orgánico. Todas estas formas de nitrógeno, así como el nitrógeno gaseoso (N₂) están sujetas bioquímicamente a cambios y son componentes del ciclo del nitrógeno.

El amoniac está presente de forma natural en los cuerpos de agua como producto de la degradación de compuestos orgánicos e inorgánicos del suelo y el agua, resultante de la excreción de la biota, reducción del nitrógeno gaseoso en el agua por microorganismos o por intercambio de gases con la atmosfera. El amoniac también es un constituyente comun de las aguas residuales sanitarias, resultado directo de las descargas de efluentes domésticos.

Según el RAS 2000, los valores estándares de NH₃-N en aguas residuales domésticas se encuentran entre 7.4 y 11 g/hab/día; con un valor sugerido de 8.4 g/hab/día.

4.4.1.4. N Kjeldahl:

El nitrógeno total Kjeldahl refleja la cantidad total de nitrógeno en el agua analizada, suma del nitrógeno orgánico en sus diversas formas (proteínas y ácidos nucleicos en diversos estados de degradación, urea, aminos, etc.) y el ion amonio NH₄⁺. Es un parámetro importante de analizar en el agua residual ya que mide el nitrógeno total capaz de ser nitrificado a nitritos y nitratos y, posteriormente y en su caso, desnitrificado a nitrógeno gaseoso. No incluye, por tanto, los nitratos ni los nitritos.

Según el RAS 2000, los valores estándares de N Kjeldahlen en aguas residuales domésticas se encuentran entre 9.3 y 13.7 g/hab/día; con un valor sugerido de 12 g/hab/día.

4.4.1.5. Coliformes totales:

Las bacterias coliformes a menudo se denominan "organismos indicadores" porque indican la presencia potencial de bacterias que causan enfermedades en el agua, su presencia indica que existe una vía de contaminación entre una fuente de bacterias (agua superficial, sistema séptico, desechos animales, etc.) y una fuente de agua.



Estos subgrupos de bacterias coliformes incluyen coliformes fecales y *Escherichia coli* o *E. coli*. Las bacterias coliformes fecales son específicas del tracto intestinal de los animales de sangre caliente, incluidos los humanos, y por lo tanto se requiere una prueba más específica para detectar la contaminación por aguas residuales o desechos animales

Según el RAS 2000, los valores estándares de coliformes totales en aguas residuales domésticas se encuentran entre 2×10^8 y 2×10^{11} #/hab/día; con un valor sugerido de 2×10^{11} #/hab/día.

4.4.1.6. Salmonella SP:

El género *Salmonella* pertenece a la familia Enterobacteriaceae. Son bacilos gram negativos, de 0,7-1,5 x 2-5 μm , anaerobios facultativos, no formadores de esporas, generalmente móviles por flagelos peritricos. Las bacterias crecen óptimamente a 37°C y pueden catabolizar la D-glucosa y otros carbohidratos con producción de ácido y gas. Estas bacterias pueden encontrarse en el tracto intestinal de los animales de sangre caliente, incluidos los humanos, y por lo tanto se requiere una prueba más específica para detectar la contaminación por aguas residuales.

Según el RAS 2000, los valores estándares de coliformes totales en aguas residuales domésticas se encuentran con un valor sugerido de 1×10^{11} #/hab/día.

4.4.2. Estimación de carga contaminante para el sector El Porvenir:

Para el cálculo de la carga contaminante que se genera en el Sector el Porvenir, se utilizaron los datos poblacionales más recientes obtenidos por la administración municipal y la empresa de servicios públicos, donde se estimó un total de 1843 viviendas, un total de 1.1 hogares/vivienda y un total de 3.83 personas/hogar. Con estos datos se pudo establecer el total de habitantes del Sector El Porvenir, el cual se estimó en 7764 habitantes. A continuación, se tabulan los datos anteriormente mencionados.

Tabla 3.- Coeficiente de escorrentía para distinto materiales

Estimación Habitantes	
Viviendas	1843
Hogares/Vivienda	1.1



DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA
ALCALDÍA DE APARTADÓ
Secretaría de Planeación y Ordenamiento Territorial



Estimación Habitantes	
Total, Hogares	2027.3
Personas/Hogar	3.83
Total, Habitantes El Porvenir	7764.559

Fuente: Elaboración propia con base en información Empresa de Servicios Públicos

Una vez obtenidos estos datos, se realizaron las conversiones para estimar la cantidad de carga contaminante para cada uno de los elementos anteriormente descritos, pero en unidades de Ton/año. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Tabla 4.- Estimación de carga contaminante

Parámetro	Valor Sugerido RAS	Valor anual	Unidades	Valor anual	Unidades
DBO 5 días, 20°C, g/hab/día	50	141703.2018	kg/año	141.703202	Ton/año
Sólidos en suspensión, /hab/día	50	141703.2018	kg/año	141.703202	Ton/año
NH3-N como N, g/hab/día	8.4	23806.13789	kg/año	23.8061379	Ton/año
N Kjeldahl total como N, g/hab/día	12	34008.76842	kg/año	34.0087684	Ton/año
Coliformes totales #/hab/día	2E+11	5.66813E+17	#/año	5.6681E+17	#/año
Salmonella Sp., #/ha/día	1E+11	2.83406E+17	#/año	2.8341E+17	#/año

Fuente: Construcción propia a partir de datos obtenidos del RAS 2000

En términos generales, anualmente se evidencia un aporte de carga contaminante que supera las 140 Ton de SST y de DBO5, valores superiores a las 20 Ton de NH3-N y superiores a 20 Ton de N Kjeldahl. Parte de esta carga contaminante, finalmente termina infiltrándose al suelo, ya que actualmente no se cuenta con sistema de alcantarillado o algún otro sistema de recolección de aguas residuales para un posterior tratamiento, por lo que prácticamente cada una de las viviendas hacen vertimientos a pozo séptico o incluso realizan descargas a las vías y canales de desagüe de las mismas; lo que favorece los procesos de infiltración de dichos contaminantes al acuífero, o a través de escorrentía la contaminación de fuentes superficiales.





*Figura 19.- Vertimientos de agua residual doméstica
Fuente: Elaboración propia*

4.4.3. Otras fuentes de contaminación:

Aunque la principal causa de contaminación del acuífero se obtiene a partir de los vertimientos domésticos y las cargas contaminantes anteriormente descritas, también existen al interior del sector el porvenir, otro tipo de fuentes de contaminación a partir de las cuales, eventualmente se pueden infiltrar con mayor facilidad cualquier tipo de sustancia que genere alteraciones sobre las condiciones fisicoquímicas del acuífero. Este tipo de factores se encuentra relacionados principalmente con la presencia de aljibes, los cuales son denominados captaciones de agua subterránea cuya construcción se realiza manualmente.



Los aljibes encontrados en el área de estudio se caracterizan por presentar un diámetro cercano a un metro y sus profundidades se ven limitadas por las condiciones de construcción, oscilando normalmente entre 3 y 5 m. En la etapa de diagnóstico realizada para el sector El Porvenir, se encontraron 130 de estos aljibes, los cuales se encuentran principalmente sobre el sector oriental del área de estudio; a continuación, se espacilizan y muestran estas zonas:



Figura 20.-Ubicación de aljibes identificados
Fuente: Elaboración propia



*Figura 21.- Aljibes identificados
Fuente: Elaboración propia*



5. MEDIDAS DE MANEJO

5.1. Medidas de mitigación y prevención de los impactos sobre la recarga de acuífero:

Con el fin de establecer medidas de manejo adecuadas para salvaguardar las condiciones de cantidad del acuífero, se han desarrollado desde el equipo técnico algunas medidas que están enfocadas principalmente en prevenir y mitigar los impactos asociados a la impermeabilización del suelo. A continuación se muestran estas medidas.

5.1.1. Medidas de manejo asociadas al sistema de movilidad:

Respecto al sistema de movilidad, las medidas de manejo propuestas se encuentran encaminadas a la estructuración de un sistema vial vehicular y peatonal que permitan la articulación del sector El Porvenir con la zona urbana mediante un sistema de vías con secciones adecuadas y que garanticen la permeabilidad. El diseño de estas vías se realiza necesariamente en materiales permeables que van a permitir la infiltración del agua, facilitando así mitigar el impacto generado en la recarga del acuífero. La espacialización y diferenciación de estas vías se muestra a continuación:



Figura 22.- Propuesta Sistema Vial vehicular y peatonal

Fuente: Elaboración propia

Para el sistema vial vehicular (vías principales según la Figura 22) se determina una sección vial de once punto cuarenta metros (11.40 m), en una longitud de 1364 m, la cual contendrá dos andenes de uno con veinte metros (1.20 m) y dos zonas verdes de uno con cincuenta metros (1.50 m) y una calzada de seis metros (6.0 m) de ancho. Por su parte, el sistema vial peatonal (vías peatonales según la Figura 22) contará con una sección variable entre cinco metros (5.0 m) y siete metros (7.0 m) y una longitud total de 6802 m, distribuida en ambos casos en dos andenes de uno con cincuenta metros (1.50 m) y una zona verde variable de dos metros (2.0 m) o cuatro metros (4.0 m), tal como se esquematizan a continuación.

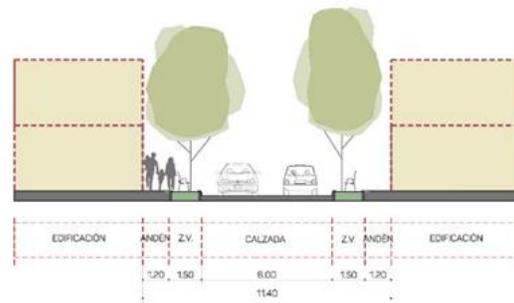


Figura 23.- Sección sistema vial vehicular
 Fuente: Elaboración propia

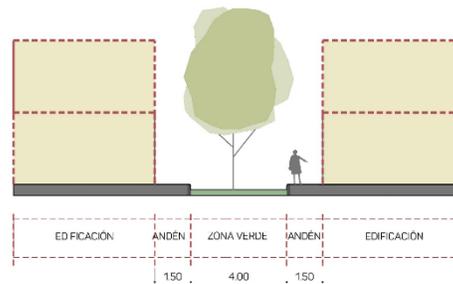
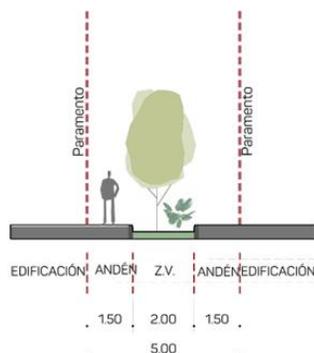


Figura 24.- Sección sistema vial peatonal
 Fuente: Elaboración propia





5.1.2. Medidas de manejo asociadas al sistema de espacio público:

El sistema de espacio público se define como el conjunto de inmuebles públicos y los elementos arquitectónicos y naturales de los inmuebles privados y públicos, destinados por su naturaleza, por su uso o afectación, a la satisfacción de necesidades urbanas colectivas de los habitantes. Este sistema de espacio público se divide en 2 niveles, de acuerdo al tamaño y función que presta cada espacio público, siendo éstos el espacio público de escala barrial y el espacio público de escala municipal. En función de esta clasificación se proponen las siguientes medidas de manejo del acuífero asociadas al sistema de espacio público.

5.1.2.1. Medidas de manejo asociadas al sistema de espacio público de escala barrial:

Estructurar y consolidar un sistema de parques urbanos de bolsillo como sitios de encuentro, con zonas verdes y pisos permeables y con arbolado urbano con alcorques inundables. En esta escala, se han identificado seis (6) espacios públicos a cualificar, los cuales suman un área de 0.714 ha. Esas áreas de espacios públicos a cualificar son una oportunidad para el incremento de indicador de espacio público efectivo por habitante; para generar una adecuada simbiosis con los elementos establecidos a nivel del sistema vial; así como para la mitigación del impacto asociado a la pérdida de potencial de recarga del acuífero, calculado anteriormente.

La cualificación de estas zonas se deberá realizar bajo los mismos materiales y lineamientos descritos anteriormente. A continuación, se muestran algunos de los espacios públicos a cualificar encontrados en el Sector El Porvenir, los cuales sumados ascienden a un área total de 7146.57 m².





Figura 25.- Áreas con espacio público a cualificar - escala barrial
Fuente: Elaboración propia



Figura 26.- Espacialización de las áreas con espacio público a cualificar
Fuente: Elaboración propia

5.1.2.2. Medidas de manejo del acuífero asociadas al sistema de espacio público de escala Municipal:

Como mecanismos de contención al crecimiento urbano hacia el costado nororiental del



sector El Porvenir se propone como espacio público proyectado la creación de un parque urbano de borde tomando como criterios de diseño las Soluciones Basadas en Naturaleza (SBN) que permitan la articulación ecológica y funcional con el sistema de espacio público existente y proyectado para Apartadó.

Los parques de borde urbano tienen por objetivo promover la consolidación de “ecoparques” con el fin de mejorar las condiciones medioambientales en el Municipio, El Sector El Porvenir y la zona de recarga del Acuífero; aumentar y mejorar la conectividad ecológica a nivel urbano y generar espacio público efectivo para incrementar el índice. No obstante, una de las finalidades más importantes de la generación de este parque de borde, será entonces la de impedir que El Sector El Porvenir siga creciendo hacia el costado surorccidental, previniendo así que las condiciones del suelo actuales se alteren e impidan en mayor medida la permeabilidad y consecuentemente la recarga del Acuífero.

La sección del parque de borde asociado al costado del Sector El Porvenir, se estima de un área de 83318.79 m²; en los cuales, según los cálculos realizados a partir de la información de recarga de CORPOURABA, se dejará de impactar un aproximado de 80.01 mm/año. A continuación, se muestran estas áreas:

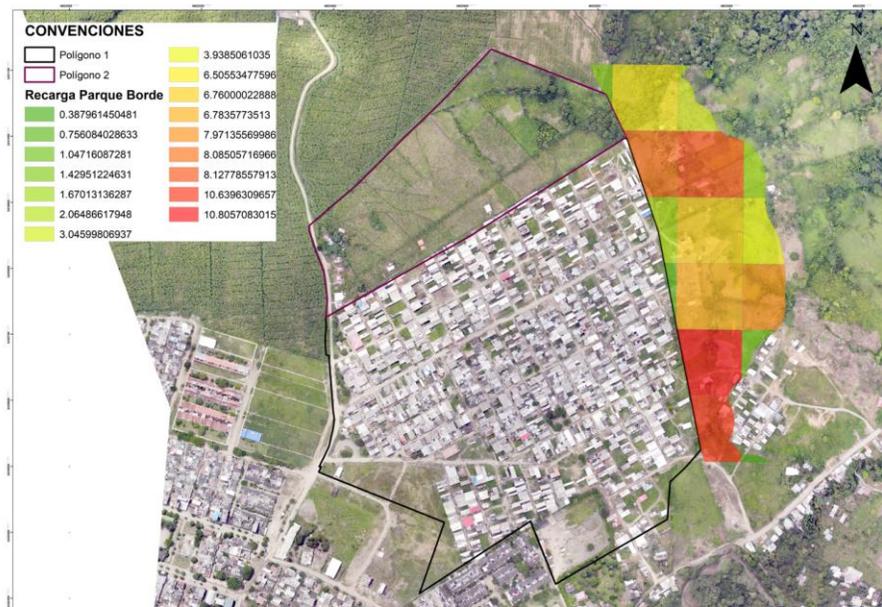


Figura 27.- Zona propuesta para el parque de borde

Fuente: Elaboración propia





Por otro lado, se propone un área de equipamientos y espacio público correspondiente a los restantes 7.67 ha del polígono de El Porvenir que aún no se han desarrollado, en las cuales se pretende entonces desarrollar una zona de equipamientos y espacio público que buscará a articulación con los espacios públicos municipales.

Tal como se mencionó anteriormente, al hacer el cálculo de la recarga únicamente para las 7.67 ha que actualmente no se encuentran ocupadas, se obtiene un valor total de recarga de 75.34 mm/año, con valores mínimos muy cercanos a 0 y máximos de 11.43 mm/año.

Estos 75.34 mm/año serán entendidos como los valores de recarga que serán salvaguardados ya que actualmente esta zona no ha sido ocupada, pero las dinámicas de crecimiento tendenciales muestran que de no realizarse ninguna intervención sobre esta, en unos pocos años tendrá una densificación igual o mayor a la encontrada en el polígono de las 24.81 ha. Es por esto que las medidas de manejo propuestas van en función de mitigar el impacto, así como también prevenir la ocupación de este territorio, asignándole una ocupación y categorías de conservación ambiental, así como de zonas de espacio público y equipamientos.

5.1.3. Criterios de diseño y construcción de vías y espacio público:

El diseño y construcción de estas vías y espacio público contempla materiales permeables que contribuirán a la mitigación del impacto asociado a la permeabilización del suelo. Estos materiales son:

5.1.3.1. Pavimentos o superficies permeables:

El concreto poroso aplicado como pavimento permeable ha adquirido especial atención en la última década debido a que proporcionan una forma de construcción de ciudades sostenibles, al permitir el tratamiento de las aguas superficiales de lluvia, infiltrando esta agua al subsuelo, recargando los mantos acuíferos o permitiendo el almacenamiento de estas aguas en tanques para luego reutilizarlas para el sistema de riego en parques, inodoros de zonas residenciales, agua para uso industrial, entre otros (Sequera, Vera, Correa, & Mendieta, 2015).



DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA
ALCALDÍA DE APARTADÓ
Secretaría de Planeación y Ordenamiento Territorial



Los concretos sin finos transmiten las cargas en forma heterogénea a diferencia de los concretos convencionales que lo hacen en forma homogénea. En los concretos sin finos la transmisión de cargas se realiza por puntos de contacto, originando que las cargas sean repartidas en forma aleatoria, dando como resultado que éstas sean distribuidas en una superficie mucho mayor. La transmisión heterogénea de las cargas provoca que la superficie sobre la cual éstas se reparten sea varias veces mayor al producto de la repartición de cargas en un piso hecho con un concreto convencional o con asfalto. Aunado a esto, las bases diseñadas para pisos permeables son más económicas, más eficientes y no generan baches. Adicionalmente, dada la repartición heterogénea de las cargas, casi nunca hace falta mejorar el terreno natural (Sequera et al., 2015).

Existen varias formas de pavimentos permeables: el monolítico y el modular (Lucke, Beecham, Boogaard, & Myers, 2013). Las estructuras monolíticas incluyen asfalto poroso y concreto poroso, que permite la infiltración a través de la superficie del pavimento. El asfalto poroso es similar a una mezcla típica de asfalto, pero la porción fina de asfalto es omitida. Del mismo modo, en el concreto poroso la cantidad de agregados finos debe ser omitida. Las estructuras modulares son bloques o adoquines de concretos impermeables, pero el agua puede filtrarse a través de sus uniones o aperturas.

La estructura más común de los pavimentos permeables y porosos consiste en tres capas, primero una capa de rodadura que permite la entrada del agua, que puede ser en diferentes materiales como asfalto, concreto (pavimentos porosos), arcilla, grava, pasto (pavimentos permeables), segundo una capa de material granular fino, la cual permite una instalación adecuada de la capa de rodadura y por último una capa compuesta por una matriz de material granular de gran tamaño, o por módulos o geo-células plásticas donde el agua se almacena (sub-base). A continuación se esquematizan estos pavimentos.



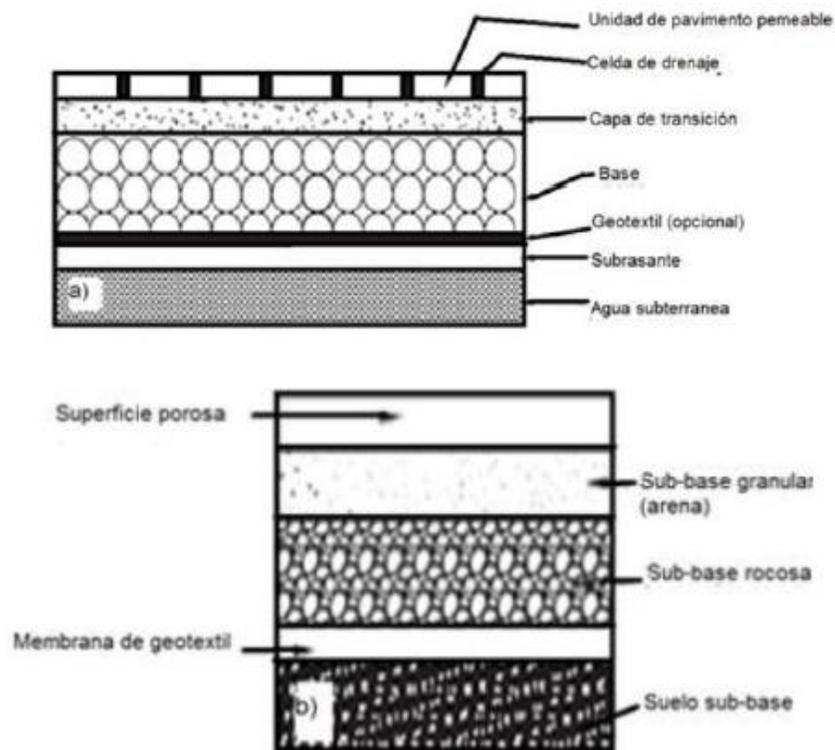


Figura 28.- Esquema común de diseño de pavimento permeable
Fuente: Scholz & Grabowiecki, 2006

El pavimento permeable debe tener un perfil relativamente plano. Si se aplica sobre una pendiente pronunciada, las aguas lluvias absorbidas por la capa de concreto poroso comenzarán a escurrir en la capa inferior, generando posibles subpresiones que pueden dañar las losas. Si las pendientes requeridas son mayores al 1% es recomendable construir barreras impermeables.(Reyes & Torres, 2002).

Las juntas requeridas en un concreto poroso difieren de las convencionales debido a que el pavimento poroso tiene menos de un tercio de la retracción de un concreto común. El espaciamiento de las juntas transversales es de aproximadamente 15 o 20m..(Reyes & Torres, 2002).



5.1.3.2. Alcorques Inundables:

Esta tipología consiste, generalmente, en una caja de concreto prefabricada, ubicada de manera subterránea, y rellena con suelo compuesto por una mezcla de grava, arena y compost vegetal, para de esta manera sembrar o replantar un árbol o arbusto de mediana envergadura. En este sentido, la parte superior de la estructura se encuentra a nivel con las superficies viales o peatonales, para de esta manera facilitar el ingreso de la escorrentía a este tipo de estructura. Una vez el agua ingresa, ésta se almacena y detiene temporalmente en los intersticios del suelo empleado, interactuando directamente con la planta instalada. Propiciando de este modo el tratamiento del agua a partir de los procesos físicos de filtración del suelo, así como también biológicos a partir de la captación radicular por medio de la planta. En este sentido, las características de las plantas presentes en esta tipología deben tomarse en consideración, ya que el desarrollo de éstas no debe afectar la estructura prefabricada (Acosta, 2017). En este espacio adicional, se conformará un alcorque que se inundará con agua lluvia que será filtrada a través de un sistema de capas granulares con vegetación superficial (Secretaria Distrital de Ambiente, 2011).



Figura 29.- Esquema común de diseño de alcorques inundables

Fuente: Filterra, 2016

5.1.3.3. Áreas o cunetas verdes:

Las cunetas verdes son estructuras lineales cubiertas de hierba, con una base superior a medio metro y taludes con poca pendiente ($< 1V:3H$). Están diseñadas para capturar y tratar el volumen de calidad de agua. Deben generar velocidades inferiores a 1 ó 2 m/s en el agua



circulante para que las partículas en suspensión puedan sedimentarse y no aparezcan problemas de erosiones. Adicionalmente pueden permitir la infiltración a capas inferiores.

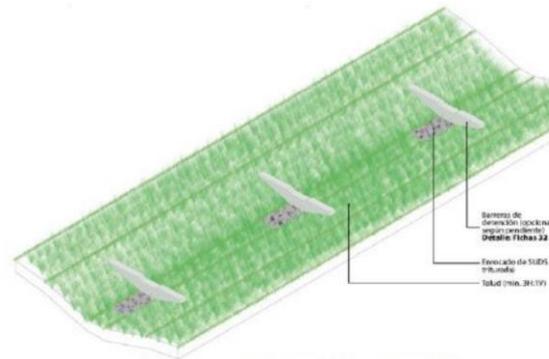
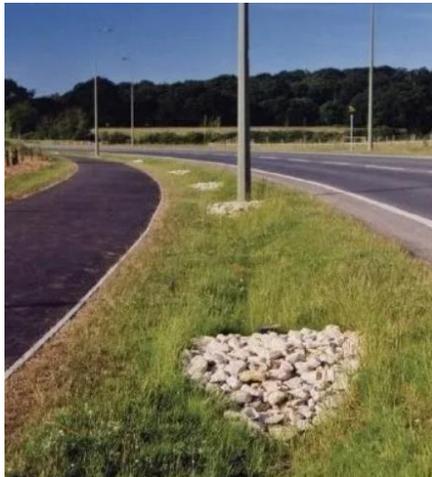


Figura 30.- Esquema común de diseño de alcorques inundables
Fuente: Secretaria Distrital de Ambiente, 2011.

5.1.4. Volumen de tratamiento:

Para el diseño de los alcorques y los pavimentos permeables se deberá establecer como parámetro de partida, el volumen de tratamiento (V_c), que es la cantidad de precipitación que puede tratar efectivamente cada una de las tipologías considerando que los picos de lluvia se presentan pocas veces y diseñar las estructuras para estos eventos, implica un sobredimensionamiento. El volumen de tratamiento se determina aplicando el método racional, por ser áreas de aporte pequeñas, con una profundidad de la lluvia de tratamiento (h_p), un coeficiente de escorrentía en función de la cobertura del suelo y el área de aporte.

Para el polígono El Porvenir, teniendo en cuenta que la información de precipitaciones oficial, se deberán utilizar las curvas de intensidad, duración y frecuencia (IDF), para las diferentes estaciones referidas en el POMCA del Río León; siendo estas estaciones: “Prado mar”, “El Tormento”, “Barranquilla”, “Villarteaga”, “Tulenapa”, “Uniban” y “La Palmera”.

5.1.4.1. Área de aporte para el tratamiento:

En la Figura 22, Figura 23 y Figura 25 se presentan las áreas de drenaje diferentes



tratamientos compuestos por alcorques, pavimentos permeables y áreas verdes (cunetas verdes), las áreas determinadas para cada intervención se deberán determinar con base en las longitudes y las secciones de calzadas, andenes y áreas verdes Figura 23.

5.1.4.2. Coeficiente de escorrentía:

Los coeficientes de escorrentía para las áreas de drenaje de las diferentes tipologías de SUDS, se establecen según las recomendaciones de la norma técnica de servicio NS-085 (Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, 2017), como se muestran en la siguiente tabla. Por ello para el cálculo del volumen de aprovechamiento se recomienda trabajar con los siguientes coeficientes de escorrentía. No obstante, estos coeficientes de escorrentía deberán ser concertados con la autoridad ambiental.

Tabla 5.- Coeficiente de escorrentía para distinto materiales

Coeficiente de escorrentía	
Tipo de Superficie	C
Superficies en asfalto permeable	0.8
Superficies adoquinadas	0.75
Vías no pavimentadas y superficies con suelos compactados	0.6
Zonas verdes	
Cunetas veredas en terrenos planos (pendiente menor a 2%)	0.25
Cunetas verdes en terreno promedio (pendiente entre 2% y 7%)	0.35

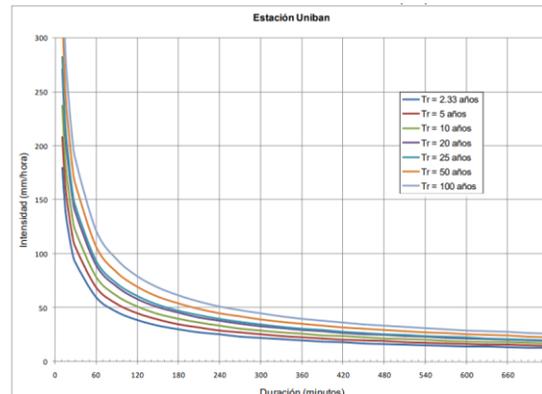
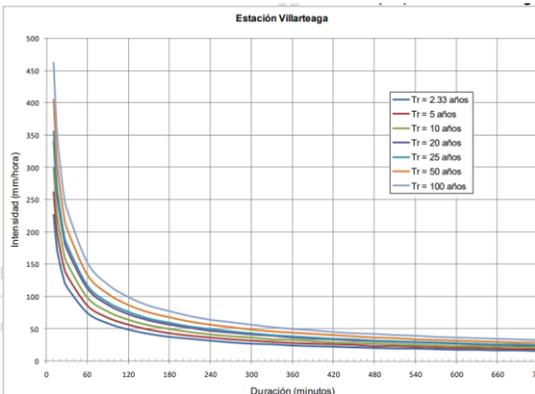
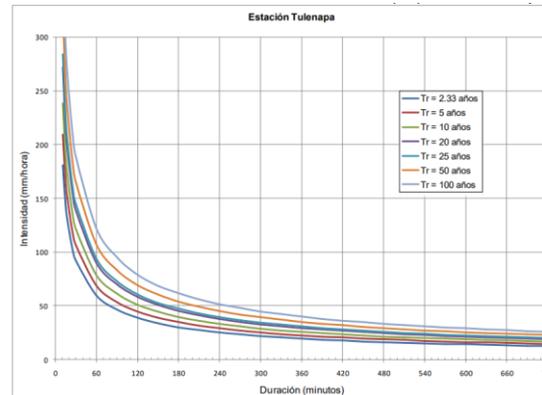
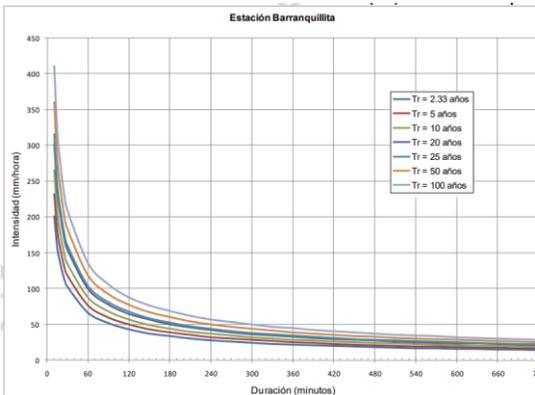
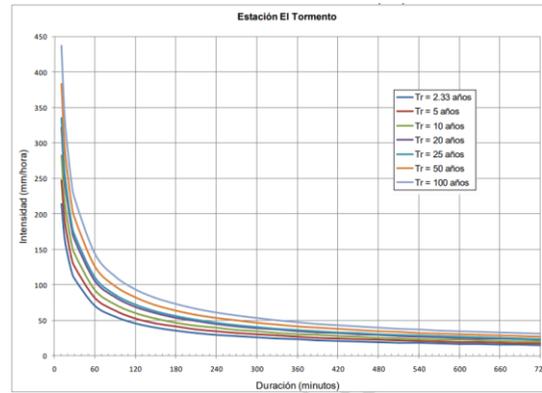
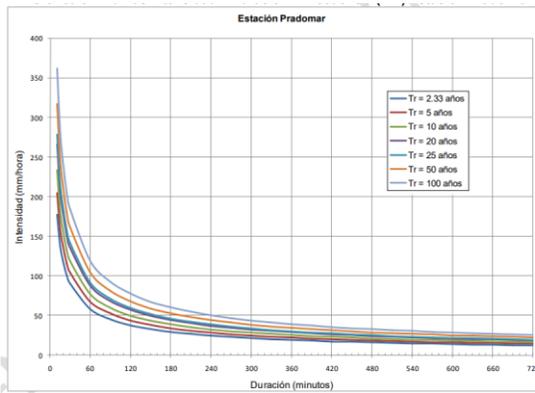
Fuente: Empresas de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, 2017

5.1.4.3. Estimación del volumen de tratamiento para las medidas de manejo propuestas:

A) Según la empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá (2017) para el diseño de los tratamientos se deberá estimar una precipitación para un periodo de retorno de 2.33 año y una duración de 360 minutos. No obstante, estas variables deberán ser concertadas con la autoridad ambiental con el fin de seleccionar técnicamente cuales serán los parámetros de diseño que se establecerán para los diferentes tipos de medidas dispuestas anteriormente. Para ello, se deberán obtener los valores de las diferentes curvas IDF que se encuentran referenciadas en el Documento de Diagnóstico del POMCA del Río León. A continuación, se muestran estas curvas.



DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA
ALCALDÍA DE APARTADÓ
Secretaría de Planeación y Ordenamiento Territorial



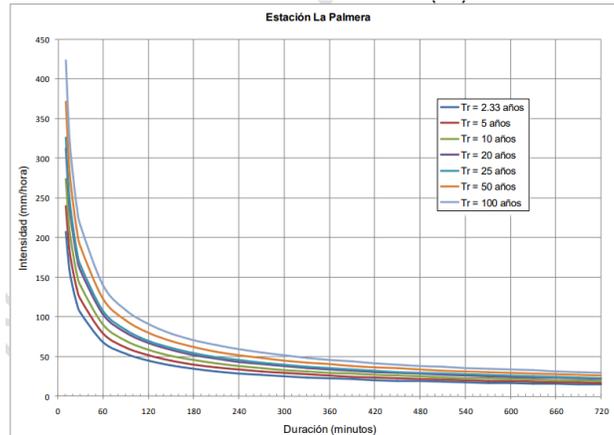


Figura 31.- Curvas IDF pertenecientes a la cuenca del río León
Fuente: Documento de diagnóstico – POMCA Río León

- A) Transformar la lluvia esperada para un periodo de retorno y una duración seleccionada a la profundidad de la lluvia de tratamiento (h_p) la empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, (2017) propone la siguiente ecuación. No obstante, esta deberá igualmente ser concentrada con la autoridad ambiental.

$$H_p = 10.19 * \ln(h) - 16.78$$

h_p : Profundidad de la lluvia (mm)

h : Profundidad de lluvia con un periodo de retorno de 2.33 años y una duración de 360 minutos (mm)

- B) Para finalmente determinar el volumen de tratamiento de cada uno de los sistemas, se propone la siguiente ecuación definida por) la empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, (2017). No obstante, la ecuación y proceso deberá ser concertado con la autoridad ambiental.

$$V_c = C * h_p * A$$

Donde: V_c : Volumen de tratamiento (m^3) A : Área de drenaje (m^2) h_p : profundidad de la lluvia (m) C : coeficiente de escorrentía (adimensional).



Con base en los procedimientos anteriormente descritos, se encontrará el volumen de agua que debería ser tratada bajo unas condiciones extremas de precipitación; para finalmente con base en ello, poder dimensionar el grosor y materiales a utilizar para la construcción de las vías y la cualificación de los espacios públicos.

5.1.5. Separación e infiltración de aguas lluvias:

Una de las medidas de manejo asociadas a la mitigación del impacto sobre la recarga de acuífero se encuentra asociada a la separación de las aguas lluvias y las aguas residuales domésticas, con miras a permitir entonces la infiltración de las aguas que efectivamente sean pluviales. Las aguas pluviales se recolectarán a través de los desagües pluviales y viajan a través de una tubería separada. El agua que efectivamente sea recolectada en los techos de las viviendas no podrá ser mezclada con las aguas residuales y en su lugar deberá ser infiltrada en las zonas verdes aledañas a las vías peatonales y vehiculares cercanas a cada casa.

En caso de que la cantidad de agua recolectada en los techos sumada a la cantidad de agua calculada como volumen de tratamiento para las medidas (Pavimentos inundables, alcorques, cunetas verdes, etc.), sea superior a la capacidad de infiltración del sistema, esta deberá ser conducida hasta una laguna de infiltración, cuyas especificaciones técnicas deberán ser concertadas con la autoridad ambiental, con el fin de no afectar las condiciones físicas y químicas del acuífero, ya que según estudios elaborados por CORPOUARBA este acuífero se encuentra en condiciones reductoras.

5.1.6. Lagunas de infiltración:

La recarga artificial de acuíferos (abreviatura: RAA), también llamada gestión de la recarga de acuíferos (abreviatura: GRA) o Managed Aquifer Recharge (abreviatura: MAR), es un método de gestión hídrica que permite introducir agua en los acuíferos subterráneos (en general, agua de buena calidad y pretratada). Una vez almacenada en estos, puede ser extraída para distintos usos (abastecimiento, riego, frenar la intrusión marina, reducir la contaminación, regenerar ecosistemas, etcétera).

El objetivo de estas técnicas será la recarga de agua subterránea; medidas que estarán sujetas a la necesidad de complemento de las medidas de infiltración anteriormente



mencionadas y que, en todo caso, deberán ser concertadas con la autoridad ambiental.

5.2. Medidas de manejo para la contaminación del acuífero:

Con el fin de prevenir y mitigar el impacto generado por la contaminación del acuífero, tanto por descargas de origen residual, como por contaminación a través de los aljibes, se han propuesto dos medidas de manejo que buscan ser llevadas a cabo en el corto y mediano plazo. Estas medidas de manejo son:

5.2.1. Construcción de acueducto y alcantarillado:

Actualmente la administración Municipal se encuentra construyendo un sistema de acueducto y alcantarillado para el sector El Porvenir, el cual buscará coleccionar las aguas residuales y llevarlas a una colectora para posteriormente ser transportadas a una Planta de Tratamiento. Esta construcción del alcantarillado se dividirá en dos etapas, así:

Tabla 6.- Etapas de construcción de acueducto y alcantarillado

Medidas de manejo	Año	Área (ha)	%
Construcción Alcantarillado Etapa 1 (Área ocupada)	2022 - 2023	11	0.443369609
Construcción Alcantarillado Etapa 2 (Área ocupada)	2023-2024	13.81	0.556630391

Fuente: Elaboración propia

Las 11 ha contempladas en la etapa 1 corresponden al 44.3% (Actualmente en construcción) del área actualmente ocupada por viviendas del total del área de estudio y por tanto, se asume que entre los años 2022 y 2023, ese porcentaje del polígono se encontrará saneado; por lo cual, con este porcentaje se realizan entonces estimados de carga contaminante evitada, es decir que no se genera vertimiento directo al suelo, propiciando los problemas de contaminación anteriormente descritos. A continuación, se muestran las cantidades de carga contaminante que se esperan reducir con la puesta en marcha de la primera etapa de la construcción del acueducto y el alcantarillado.

Tabla 7.- Carga contaminante evitada en la primera etapa de construcción de alcantarillado

Parámetro	Valor Sugerido	Valor anual	Unidades	Carga Evitada Etapa 1	Unidades
DBO 5 días, 20°C, g/hab/día	50	141.7032018	Ton/año	62.827	Ton/año
Sólidos en suspensión, /hab/día	50	141.7032018	Ton/año	62.827	Ton/año



DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA
ALCALDÍA DE APARTADÓ
 Secretaría de Planeación y Ordenamiento Territorial



Parámetro	Valor Sugerido	Valor anual	Unidades	Carga Evitada Etapa 1	Unidades
NH3-N como N, g/hab/día	8.4	23.80613789	Ton/año	10.555	Ton/año
N Kjeldahl total como N, g/hab/día	12	34.00876842	Ton/año	15.078	Ton/año
Coliformes totales #/hab/día	2E+11	5.66813E+17	#/año	2.51308E+17	#/año
Salmonella Sp., #/ha/día	1E+11	2.83406E+17	#/año	1.25654E+17	#/año

Fuente: Elaboración propia



Figura 32.- Instalación de la primera etapa de alcantarillado

Fuente: Elaboración propia

Por su parte, para la etapa 2, se realizará la construcción del sistema de acueducto y alcantarillado para las restantes 56,6%, correspondiente a 13.81 ha del polígono de estudio. Con este porcentaje, se entendería saneada la carga contaminante anteriormente descrita, dando como lugar entonces a una contaminación nula por vertimientos residuales en el sector el porvenir y con ello mitigando completamente el impacto actualmente generado por la contaminación al acuífero. A continuación, se muestran los resultados esperados para esta segunda etapa:

Tabla 8.- Carga contaminante evitada en la segunda etapa de construcción de alcantarillado

Parámetro	Valor Sugerido	Valor anual	Unidades	Carga Evitada Etapa 2	Unidades
DBO 5 días, 20°C, g/hab/día	50	141.7032018	Ton/año	78.876	Ton/año
Sólidos en suspensión, /hab/día	50	141.7032018	Ton/año	78.876	Ton/año
NH3-N como N, g/hab/día	8.4	23.80613789	Ton/año	13.251	Ton/año
N Kjeldahl total como N, g/hab/día	12	34.00876842	Ton/año	18.930	Ton/año
Coliformes totales #/hab/día	2E+11	5.66813E+17	#/año	3.15505E+17	#/año
Salmonella Sp., #/ha/día	1E+11	2.83406E+17	#/año	1.57753E+17	#/año

Fuente: Elaboración propia





5.2.2. Sellamiento de aljibes:

En virtud de lo establecido en el Acuerdo 100-02-02-01-005-2020, en el momento en el que se cuente con la red de acueducto, los aljibes deberán ser sellados. El procedimiento para el sellamiento de estos aljibes, según el mismo acuerdo, deberá ser elaborado por un operador con experiencia en la materia, teniendo en cuenta el diseño de estos y la columna litológica de perforación, para depositar el material adecuado de acuerdo con el protocolo establecido en el Anexo 4 de dicho Acuerdo. Los pozos sellados deberán tener una placa superficial de concreto, la cual debe estar señalizada indicando el código y la fecha en la cual fue sellado. Así mismo se deberán tener en cuenta los lineamientos establecidos en los párrafos primero, segundo, tercero, cuarto, quinto, sexto y séptimo del ya mencionado Acuerdo.

5.3. Otras medidas de manejo para la recarga de acuífero:

5.3.1. Red de Piezómetros:

Los piezómetros o tubos piezométricos son elementos de monitoreo que se utilizan para mediciones del agua subterránea. En ellos se pueden medir parámetros como la profundidad del nivel freático y la presión intersticial del terreno en suelos y rocas. Los piezómetros también permiten la extracción de muestras de agua para determinar sus componentes o incluso para detectar la presencia de elementos contaminantes.

La variable controlada en los piezómetros es la profundidad del agua (nivel piezométrico). La posición altimétrica del agua (cota o superficie piezométrica) es un indicador directo de la masa hídrica almacenada en el acuífero, y de las características del flujo en su interior. La información que suministra la red piezométrica es de gran importancia en las labores de gestión de los recursos hídricos, como por ejemplo en los ríos españoles, que se encuentran regulados mediante los embalses superficiales construidos sobre ellos.

El nivel piezométrico es, por tanto, un parámetro clave para evaluar y gestionar el recurso hídrico disponible, al proporcionar series históricas descriptivas de su evolución, con las que se validan los modelos conceptuales de flujo de agua subterránea.

Una de las medidas que se propone para el Sector El Porvenir y zonas aledañas, es la





instalación de una red de piezómetros que finalmente estarán articulados a los ya existente que han sido instalados por la Autoridad y que permitirán realizar análisis de calidad y cantidad de agua de manera articulada para el Acuífero. Estos piezómetros deberán tener profundidades entre 5 y 15 m y su ubicación y cantidad deberán ser igualmente concertadas con la autoridad ambiental.

5.4. Cronograma de implementación de medidas





6. BIBLIOGRAFÍA

Acosta, J. A. M. (2017). Metodología para determinar el potencial de implementación de sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS) en áreas residenciales, a partir de análisis de sistemas de información geográfica (SIG): caso de estudio Bogotá, Colombia. Uniandes.

Betancur-Vargas, T., Duque-Duque, J. C., Martínez-Uribe, C., García-Giraldo, D. A., Villegas-Yepes, P. P., & Paredes-Zuñiga, V. (2020). Delimitación de las potenciales zonas de recarga-caso de estudio: acuífero multicapa del eje bananero del Urabá Antioqueño-Colombia. Revista Politécnica, 16(32), 41-55. <https://doi.org/10.33571/rpolitec.v16n32a4>

Corpouraba y Consorcio POMCAS 2014. (2017). Resumen Ejecutivo Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca del Rio Turbo - Currulao.

CORPOURABA, CODECHOCO, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Parques Nacionales Naturales de Colombia Territorial Caribe. (2018). Plan de Ordenación y Manejo Integrado de la Unidad Ambiental Costera Darién + Anexos. Editado por: MINAMBIENTE - CORPOURABA. 158 p.

CORPOURABA; Universidad de Antioquia. (2018). Delimitación de las zonas de recarga del sistema acuífero y fortalecimiento de la mesa de trabajo –MACURA- y Medidas de manejo para la protección de las zonas de recarga del acuífero del Golfo de Urabá. Medellín – Colombia.

Corpouraba. (2019). Resolución No. 100-03-20-01-1084-2019. “Por la cual se aprueba el Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Rio León -SHZ (Cód. 1201)”. Apartadó 03 de septiembre de 2019.

Corpouraba. (2019). Resolución No. 300-03-10-22-1199-2019. “Por la cual se concerta y aprueba el componente ambiental del proyecto de revisión y ajuste del plan de ordenamiento territorial del municipio de Apartadó.” 27 de septiembre de 2019.

Corpouraba. (2019). Resolución No. 300-03-30-99-1185-2019 “Por la cual se establecen las determinantes ambientales para la formulación, revisión y ajuste de los Planes de





DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA
ALCALDÍA DE APARTADÓ
Secretaría de Planeación y Ordenamiento Territorial



Ordenamiento Territorial municipal de la jurisdicción de Corpouraba y derogan las resoluciones No. 300-03-10-23-1907-2010 del 30 de diciembre de 2010 y 300-03-10-22-0630-2011 del 17 de junio de 2011." Apartadó 23 de septiembre de 2019.

Ecoforest, Corpouraba & Fondo de Adaptación al Cambio Climático. (2019). Resumen Ejecutivo para Ajuste del Plan De Ordenación y Manejo de La Cuenca Del Río León Szh (1201) Localizada en el Departamento de Antioquia en Jurisdicción de La Corporación para El Desarrollo Sostenible del Urabá (Corpourabá).

Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. (2017, diciembre 6). NS-085 Criterios de diseño de sistemas de alcantarillado. Recuperado de https://www.acueducto.com.co/webdomino/sistec/consultas.nsf/9f360681749225e805256a22006a465e/05256d89005e772c85256a11006c9078?OpenDocument&ExpandSection=1.5&Highlight=0,085#_Section1.5

Filtrera. (2016). Contech Engineered Solutions.

Gobernación de Antioquia. (2012a). El Urabá antioqueño: un mar de oportunidades y potencialidades Perfil subregional. Recuperado a partir de http://antioquia.gov.co/antioquia-v1/organismos/planeacion/descargas/perfiles/Perfil_Subregional_Uraba.pdf

Grabowiecki, P., & Scholz, M. (2006, May). Briefing: Pavements: a new source of water and energy?. In *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Civil Engineering* (Vol. 159, No. 2, pp. 54-54). Thomas Telford Ltd.

Juzgado Segundo Administrativo Oral del Circuito de Turbo - Antioquia. Sentencia 0142 de 2021. Nulidad de Acuerdo 007 de 2013 del Concejo Municipio de Apartadó.

Lucke, Beecham, Boogaard, & Myers. (2013). Are Infiltration Capacities of Clogged Permeable Pavements Still Acceptable?

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Vélez Otálvaro, M. (2014). Guía metodológica para la formulación de planes de manejo ambiental de acuíferos. Bogotá, Colombia. ISBN 978-958-8491-83-7.





DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA
ALCALDÍA DE APARTADÓ
Secretaría de Planeación y Ordenamiento Territorial



Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2020). Orientaciones para la definición y actualización de las determinantes ambientales por parte de las autoridades ambientales y su incorporación en los planes de ordenamiento territorial, segunda edición / Dirección de Ordenamiento Ambiental Territorial y Coordinación del SINA: Dir: Sierra Castro, Luis Alfonso. coord.: Quintero López, Natalia. Bogotá, D.C.: Colombia.

Municipio de Apartadó. (2019). Decreto Municipal 464 de 2019 Por el cual se adopta la Revisión Ordinaria del Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Apartado 2020-2031. Municipio de Apartadó.

Secretaria Distrital de Ambiente. (2011). Sistema Urbanos de Drenaje Sostenible, 86.

Secretaria Distrital de planeación. (2016). Proyecciones poblacionales por localidades Bogotá 2016-2020. Recuperado de <http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/InformacionTomaDecisiones/Estadisticas/Bogot%E1%20Ciudad%20de%20Estad%EDsticas/2014/Bolet%EDn69.pdf>

Sequera, S. C., Vera, L. C., Correa, J. E., & Mendieta, C. S. (2015). CONCRETO POROSO: CONSTITUCIÓN, VARIABLES INFLUYENTES Y PROTOCOLOS PARA SU CARACTERIZACIÓN. REVISTA CIENTÍFICA, 6

Tribunal Administrativo de Antioquia. Sala Segunda de Oralidad. Sentencia 035 de 2021, M.P. Gloria María Gómez Montoya; 01 de junio de 2021.

Universidad de Antioquia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, & CORPOURABA. (2013). Plan De Manejo Ambiental De Acuífero Sistema Hidrogeológico Golfo De Urabá. Noviembre de 2016.

