



**REVISIÓN DE LA ZONIFICACIÓN, MEJORAMIENTO DE ESCALA
(1:25.000) Y EL ABORDAJE AL TEMA DE SUSCEPTIBILIDAD DE
AMENAZAS Y VULNERABILIDAD, COMO AVANCE EN EL AJUSTE AL
PLAN DE ORDENAMIENTO DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA CIÉNAGA DE
MALLORQUÍN Y LOS ARROYOS GRANDE Y LEÓN**

CONTRATO: 000180 de 2013

Agosto de 2015



© Barranquilla, 2015

Corporación Autónoma Regional del Atlántico –CRA–

Calle 66 No 54 - 43
PBX (57+5) 3492482/3492686

Director General

Ing. Alberto Escolar Vega

Secretario General

Dr. Jesus León Insignares

Gerente de Planeación

Dr. J. Emilio Zapata Márquez

Gerente de Gestión Ambiental

Dra. Juliette Sleman Chams

Supervisor Contrato

Arq. Wladimir Orozco Lozano

Ejecución

Consorcio POMCA Mallorquín

Representante legal

Dr. Javier Jerez Aznar

Coordinación General – Concepto – Edición

Juan Carlos Pino R.

Foto Carátula

Angie Ayala

/Concurso de Fotografía Ambiental CRA-2015 en la Institución Educativa Distrital Eduardo Santos, Corregimiento La Playa. Barranquilla. 1^{er} puesto.

Diseño y Diagramación

Eco Prints Diseño Gráfico y Audiovisual Ltda.

/Ramón Hernando Orozco Rey



CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ATLÁNTICO –CRA–

Director General
Alberto Escolar Vega

Secretario General
Jesús León Insignares

Asesora de Dirección
Aura Sánchez Rolong

Gerente de Planeación
J. Emilio Zapata Márquez

Gerente de Gestión Ambiental
Juliette Sleman Chams

Supervisor Contrato
Wladimir Orozco Lozano
Coordinador de Recurso Hídrico



CONSORCIO POMCA MALLORQUIN

Representante Legal
Javier Jerez Aznar

Equipo de Apoyo Técnico

Juan Carlos Pino R.
Biol. Mar. Esp. Admon. Ambiental Zonas Costeras
Coordinador General Proyecto

Juan Felipe Romero Rendón
Ecólogo, Esp. Sistemas de Información Geográfica
Manejo SIG

Holbert Corredor Romero
Ingeniero Civil
Componente Hidrológico

Ignacio de la Hoz Castro
Ingeniero Civil
Componente Hidrológico

Karina Díaz
Ingeniera Civil
Componente Hidrológico

Walter Gil T.
Ingeniero Forestal
Coberturas de la tierra



CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	13
2. ENFOQUE.....	17
3. DESARROLLO/IMPLEMENTACIÓN.....	21
3.1. Insumos básicos para la construcción.....	21
3.1.1. Estructuración del sistema de información.....	21
3.1.2. Aspectos hidrológicos.....	32
3.1.3. Aproximación al riesgo indicativo.....	61
3.2. Zonificación.....	81
3.2.1. Introducción - Aspectos conceptuales.....	81
3.2.2. Modelo referente (Zonificación 2007).....	82
3.2.3. Tendencias y perspectiva del desarrollo del departamento - énfasis en la cuenca de Mallorquín.....	86
3.2.4. Modelo referente 2015 - Producto de ajuste.....	97
3.2.5. Análisis de los ajustes.....	138
4. BIBLIOGRAFIA.....	147
5. ANEXO 1: Informe de las mesas de trabajo desarrolladas para la actualización y ajuste del Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Hidrográfica Ciénaga de Mallorquín... 151	

INDICE DE TABLAS

Tabla 3-1 .Leyenda Corine Land Cover para Colombia a escala 1:100.000	22
Tabla 3-2.Hectáreas por cobertura identificada en la Cuenca Mallorquín.....	26
Tabla 3-3 Descripción de las coberturas halladas en el área de estudio	27
Tabla 3-4. Características morfométricas de la cuenca Mallorquín	34
Tabla 3-5. Tiempos de concentración de las cuencas.....	38
Tabla 3-6. Calculo del % impermeable y permeable de las subcuencas de Mallorquín.	38
Tabla 3-7. CN ponderados por subcuenca.....	38
Tabla 3-8. Información de precipitación disponible. Fuente: IDEAM.	40
Tabla 3-9. Porcentajes de influencia de estaciones por subcuencas (Thiessen).....	40
Tabla 3-10. Registro de Precipitación promedio (mm) a nivel mensual en Estaciones IDEAM (1980-2011)	40
Tabla 3-11. Precipitación promedio mensual por Subcuenca	40
Tabla 3-12. Resumen valores de precipitación diaria por subcuenca, año.....	42
Tabla 3-13. Promedios mensuales de temperatura por estaciones IDEAM.....	42
Tabla 3-14. Departamento del Atlántico. Evapotranspiración Potencial (ETP).....	43
Tabla 3-15. Resultados Volumen de escorrentía superficial Subcuencas Mallorquín.	47
Tabla 3-16. Valores de los Coeficientes a, b, c y d.....	48
Tabla 3-17. Promedio de los máximos anuales Cuenca Arroyo Grande/Oriental	48
Tabla 3-18. Promedio de los máximos anuales Cuenca Arroyo Granada/ San Luis	49
Tabla 3-19. Promedio de los máximos anuales Cuenca Arroyo León/Hondo.....	49
Tabla 3-20. Promedio de los máximos anuales Cuenca Cisne.	49
Tabla 3-21. Periodos de retorno para las estaciones IDEAM en estudio.....	50
Tabla 3-22. Periodos de retorno para la Cuenca Mallorquín.....	50
Tabla 3-23. Caudales Picos en la cuenca de Mallorquín. Fuente: Elaboración propia.	61
Tabla 3-24. Demanda Hídrica en las Subcuencas de Mallorquín. Fuente: CRA, 2013.....	61
Tabla 3-25. Criterios de Calificación de Valores para la Amenaza y la Vulnerabilidad	71
Tabla 3-26. Reclasificación de Valores para la Amenaza y la Vulnerabilidad	71
Tabla 3-27. Matriz de Asignación de Valores para la Amenaza y la Vulnerabilidad	72
Tabla 3-28. Matriz cualitativa para la calificación del riesgo	74
Tabla 3-29 . Normas urbanísticas y la gestión del riesgo.	78
Tabla 3-30. Normas urbanísticas para suelo de expansión y urbano.	78
Tabla 3-31. Normas urbanísticas para suelos de protección de ecosistemas estratégicos y suelo rural agro-industrial	79
Tabla 3-32. Normas urbanísticas para suelo rural – Vivienda Campestre.....	81
Tabla 3-33 Normas urbanísticas para suelo rural – agro industrial.....	81
Tabla 3-34. Distribución de la áreas homogéneas de la zonificación de 2007	84
Tabla 3-35. Área en metros cuadrados aprobada para la construcción según destino en Barranquilla.	86
Tabla 3-36. Área en metros cuadrados aprobada para la construcción según destino en Puerto Colombia.	87
Tabla 3-37. Relación de canteras en los municipios de la Cuenca de Mallorquín, 2014.	96
Tabla 3-38. Porcentaje de clases agrológicas en la Cuenca Mallorquín.....	108
Tabla 3-39. Uso actual del suelo en la cuenca de Mallorquín.....	108
Tabla 3-40 Clasificación IRH. Rango de colores	113
Tabla 3-41. Índices de Regulación hídrica de las subcuencas de Mallorquín, datos 1982 – 2011.....	114
Tabla 3-42 Clasificación IA. Rango de colores.....	115
Tabla 3-43 . Evapotranspiración real mensual y anual, para las subcuencas de Mallorquín.	116
Tabla 3-44. Índice de aridez mensual y anual para las subcuencas de Mallorquín.	116
Tabla 3-45. Clasificación IUA. Rango de colores.	118
Tabla 3-46. Cálculo del índice de uso de agua (IUA) para las subcuencas de Mallorquín	118
Tabla 3-47 . Clasificación IVH. Rango de colores	120
Tabla 3-48 . Cálculo del Índice de Vulnerabilidad Hídrica (IVH) para las subcuencas de Mallorquín.....	120
Tabla 3-49. Precauciones de consideración en el área solicitada.....	125
Tabla 3-50. Zonificación ambiental propuesta 2015	138
Tabla 3-51. Matriz de conflictividad entre las propuestas de zonificación de 2007 y 2015	138
Tabla 3-52. Proporción de la conflictividad de versiones 2007-2015	138
Tabla 3-53. Áreas en conflicto con la designación de Zona de expansión Urbana	142

INDICE DE FIGURAS

Figura 3-1. Imagen Spot 6 RGB-321	21
Figura 3-2. Imagen Spot 6 RGB 432.	21
Figura 3-3. Guía de color para el Nivel I de la Metodología CORINE Land Cover.....	23
Figura 3-4. Guía de color para el Nivel II de la Metodología CORINE Land Cover.....	23
Figura 3-5. Guía de color para el Nivel III de la Metodología CORINE Land Cover.....	24
Figura 3-6. Generación análisis de segmentación.....	25
Figura 3-7. Puntos de verificación en campo (puntos verdes) y recorrido (línea roja).....	25
Figura 3-8. Identificación manual de coberturas por unidad de segmentación.....	25
Figura 3-9. Identificación de coberturas en cada nivel de la metodología Corine Land Cover.....	26
Figura 3-10 Mapa de cobertura en la Cuenca de la Ciénaga Mallorcaín.....	31
Figura 3-11. Topografía general. Fuente: STRM – NASA.....	32
Figura 3-12. Imagen SPOT 6.....	33
Figura 3-13. Cuenca y subcuencas de Mallorcaín.....	33
Figura 3-14. Cuenca y Subcuencas de la Ciénaga de Mallorcaín.....	34
Figura 3-15. Perfil del Arroyo León.....	35
Figura 3-16. Cauce de Arroyo Grande.....	36
Figura 3-17. Cauce del arroyo Granada.....	36
Figura 3-18. Red de drenaje Cuenca de Mallorcaín.....	37
Figura 3-19. Grupo hidrológico de la Cuenca Mallorcaín.....	39
Figura 3-20. Tipos de Suelo. Fuente: IGAC, 2007.....	39
Figura 3-21. Polígonos de Thiessen sobre la red meteorológica del Departamento – Subcuencas de Mallorcaín.....	39
Figura 3-22. Subcuenca San Luis. Precipitación diaria (mm) - 1980-2011. Nota: No incluye precipitación de los años 1988 y 1989.....	41
Figura 3-23. Subcuenca Oriental C. Pan de Azúcar. Precipitación diaria (mm) - 1980-2011. Nota: (*) No incluye precipitación de los años 1988 y 1989.....	41
Figura 3-24. Subcuenca Arroyo Hondo. Precipitación diaria (mm) - 1980-2011. Nota: No incluye precipitación de los años 1988 y 1989.....	41
Figura 3-25. Subcuenca Cisne. Precipitación diaria (mm) - 1980-2011 (*). Nota: (*) No incluye precipitación de los años 1988 y 1989.....	41
Figura 3-26. Subcuenca P Cantera. Precipitación diaria (mm) - 1980-2011 (*). ta: (*) No incluye precipitación de los años 1988 y 1989.....	41
Figura 3-27. Subcuenca Plano Costero. Precipitación diaria (mm) - 1980-2011 (*). Nota: (*) No incluye precipitación de los años 1988 y 1989.....	42
Figura 3-28. Promedios mensuales de temperatura por estaciones IDEAM.....	42
Figura 3-29. Evapotranspiración Potencial ETP. Cuenca Ciénaga Mallorcaín. Fuente: Elaboración Propia.....	43
Figura 3-30. Modelo lluvia- escorrentía en HEC-HMS.....	43
Figura 3-31. Subcuenca Arroyo Grande/Oriental C. Pan Azúcar - Caudales diarios (m ³ /s) - 1980-2011 (*).....	44
Figura 3-32. Subcuenca Perdida Cantera- Caudales diarios (m ³ /s) - 1980-2011 (*).....	44
Figura 3-33. Subcuenca Arroyo Hondo/ León- Caudales diarios (m ³ /s) - 1980-2011 (*).....	45
Figura 3-34. Subcuenca Cisne - Caudales diarios (m ³ /s) - 1980-2011 (*).....	45
Figura 3-35. Subcuenca Arroyo Granada/San Luis - Caudales diarios (m ³ /s) - 1980-2011 (*).....	46
Figura 3-36. Subcuenca Plano Costero - Caudales diarios (m ³ /s) - 1980-2011 (*).....	46
Figura 3-37. Curva IDF Cuenca Arroyo Grande/Oriental.....	48
Figura 3-38. Curva IDF Cuenca Arroyo Granda/ San Luis.....	49
Figura 3-39. Curva IDF Cuenca Arroyo León/Hondo.....	49
Figura 3-40. Curva IDF Cuenca Cisne.....	50
Figura 3-41. Distribuciones de probabilidad de máximos anuales para las estaciones IDEAM en estudio.....	51
Figura 3-42. Bloques alternos y precipitación acumulada. Cuenca Arroyo Grande/Oriental.....	52
Figura 3-43. Bloques alternos y precipitación acumulada. Cuenca Arroyo Granada/San Luis.....	54
Figura 3-44. Bloques alternos y precipitación acumulada. Cuenca Arroyo León/Hondo.....	56
Figura 3-45. Bloques alternos y precipitación acumulada. Cuenca Cisne.....	58
Figura 3-46. Configuración del modelo lluvia – escorrentía en HEC-HMS.....	60
Figura 3-47. Modelo de Riesgo aplicado a la cuenca Mallorcaín, modificado de Vichon et al (2011).....	63
Figura 3-48 - Modelo Metodológico para la Identificación de la Vulnerabilidad.....	63
Figura 3-49. Mapas de Amenazas de la Cuenca Mallorcaín.....	66
Figura 3-50. Clasificación de los Elementos Expuestos.....	68
Figura 3-51. Clasificación de Líneas Vitales.....	68
Figura 3-52. Mapa de Líneas Vitales.....	69

Figura 3-53. Clasificación de Edificaciones Esenciales	69
Figura 3-54. Clasificación de Vivienda y Población	69
Figura 3-55. Mapa Sector Vivienda y Población	70
Figura 3-56. Clasificación del Sector Agropecuario e Industrial	70
Figura 3-57. Mapa Sector Vivienda y Población	70
Figura 3-58. Clasificación de las Áreas Naturales y Ecológicas	70
Figura 3-59. Mapa de las Áreas Naturales y Ecológicas	71
Figura 3-60 . Vulnerabilidad por Incendios Forestales.....	72
Figura 3-61 . Vulnerabilidad por Inundación	73
Figura 3-62 . Vulnerabilidad por Remoción en Masa	73
Figura 3-63 . Vulnerabilidad por Sismicidad	73
Figura 3-64 . Vulnerabilidad por Erosión	74
Figura 3-65 . Riesgo por remoción en masa.....	75
Figura 3-66 . Riesgo por Inundación	75
Figura 3-67 . Riesgo por Incendios Forestales	76
Figura 3-68 . Riesgo por Sismos	76
Figura 3-69 . Riesgo por Erosión.....	77
Figura 3-70. Esquema de priorización de criterios de zonificación para el modelo 2007.	83
Figura 3-71. Zonificación Ambiental POMCA Mallorquín 2007	85
Figura 3-72. Ubicación Ecobulevar 40	88
Figura 3-73. Ubicación Distrito 4.0	89
Figura 3-74. Ubicación Centro Histórico	90
Figura 3-75. Ubicación de proyectos según Área Metropolitana de Barranquilla	91
Figura 3-76. Ubicación del Superpuerto.....	92
Figura 3-77. Ubicación Puerto Interno	93
Figura 3-78. Ubicación Arco Logístico Industrial	94
Figura 3-79. Ecosistemas estratégicos: Manglares y Lagunas costeras.....	99
Figura 3-80. Ecosistemas estratégicos: Playas.....	100
Figura 3-81. Ecosistemas estratégicos: Bosque seco tropical	101
Figura 3-82. Mapa de áreas con disposiciones internacionales	102
Figura 3-83. Esquema de la composición de las rondas hídricas – hidráulicas.....	103
Figura 3-84 Red hídrica y sus rondas.	105
Figura 3-85 Conectividad del paisaje en la Cuenca Mallorquín y posibles corredores biológicos	106
Figura 3-86. Zonas de recarga de acuíferos.....	107
Figura 3-87. Capacidad agrológica en la Cuenca Mallorquín.	109
Figura 3-88 Uso actual del suelo	110
Figura 3-89 Conflicto de uso actual	111
Figura 3-90. Ejemplo curva de duración de caudales medios diarios . Fuente: ENA 2010. IDEAM.....	113
Figura 3-91. Curva de duración de las subcuencas de Mallorquín	113
Figura 3-92. Mapa de índice de regulación hídrica	114
Figura 3-93. Índice de Aridez mensual, para las subcuencas de Mallorquín.....	116
Figura 3-94. Mapa índice de aridez	117
Figura 3-95. Mapa índice de uso de agua (IUA)	119
Figura 3-96. Mapa de Índice de Vulnerabilidad Hídrica (IVH)	121
Figura 3-97. Ejemplo de área solicitada para aprovechamiento de recursos o licencia ambiental.....	124
Figura 3-98 Ilustración de la consulta en la GDB.....	125
Figura 3-99. Pasos para la construcción de la Zonificación.....	128
Figura 3-100. Coberturas que conforman las zonas priorizadas para la conservación.	129
Figura 3-101 Áreas que conforman las Zonas priorizadas para la conservación.	129
Figura 3-102 Suelo urbano.....	130
Figura 3-103 Suelo de expansion urbana.....	130
Figura 3-104 Zonas de Restauración con aptitud para Conservación.....	131
Figura 3-105. Zona de Recuperación y Rehabilitación con aptitud ambiental de conservación	132
Figura 3-106. Zonas de recuperación con aptitud ambiental de uso múltiple.....	132
Figura 3-107. Zona de uso sostenible	133
Figura 3-108 - Mesa de Trabajo 18 de marzo del 2015 (2:00 pm – 5:00 pm). Explicación de la metodología desarrollada	134
Figura 3-109 - Mesa de Trabajo 15 de abril del 2015 (8:00 am – 12:00 pm). Explicación de la metodología desarrollada	134
Figura 3-110 - Mesa de Trabajo 18 de marzo del 2015 (2:00 pm – 5:00 pm). Observaciones plasmadas por los asistentes sobre la zonificación	135
Figura 3-111 - Mesa de Trabajo 15 de abril del 2015 (2:00 pm – 5:00 pm). Observaciones plasmadas por los asistentes sobre la zonificación	135

Figura 3-112 - Mesa de Trabajo 15 de abril del 2015 (8:00 am – 12:00 pm). Observaciones plasmadas por los asistentes sobre la zonificación	136
Figura 3-113 - Mesa de Trabajo 19 de marzo del 2015 (8:00 am – 12:00 pm). Observaciones plasmadas por los asistentes sobre la zonificación	136
Figura 3-114. Propuesta de ajuste a la zonificación ambiental de la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León (2015).	137
Figura 3-115. Conflictividad versiones zonificación 2007-2015.....	139
Figura 3-116. Conflictividad con expansión urbana	143



1. INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

El ordenamiento de cuencas es una herramienta para la administración del territorio, orientada a planificar el desarrollo apropiado del mismo, de manera armónica con los principios y los fines que se establecen en los marcos normativos que rigen y orientan la vida nacional y los procesos de desarrollo, buscando que éste sea sostenible con el ambiente, de tal forma que no se arriesgue ni atente contra la integridad y soporte de las generaciones futuras.

El Departamento del Atlántico está situado en el norte del país, en la región Caribe; se encuentra en la cuenca del río Magdalena y una pequeña zona costera en la Cuenca del mar Caribe, tiene tres vertientes, estos son: el mar Caribe, el río Magdalena y el canal del Dique. Estas vertientes a su vez se subdividen en 4 subcuencas con iguales nombres a sus vertientes, a excepción de la vertiente del Caribe que tiene la subcuenca del Caribe o zona costera y la subcuenca de los arroyos Grande y León y la Ciénaga de Mallorquín.

La cuenca de la Ciénaga de Mallorquín presenta una superficie aproximada de 300 Km² y está constituida por los arroyos Grande y León; su área evidencia una serie de problemáticas y condiciones que ponen seriamente en riesgo la permanencia de muchos de sus valores sobresalientes y el suministro de bienes y servicios ambientales a las comunidades asentadas en esta superficie.

Entre los aspectos más sobresalientes de su deterioro, el cual ha llevado a considerar este humedal fluviocostero como uno de los más amenazados del país en opinión del Ministerio del Medio Ambiente (2002), están los relacionados con la Modificación completa de regímenes hidráulicos, la contaminación físico-química, la sobre explotación del recurso biológico y la apropiación indebida del sistema cenagoso-ribereno. Sin embargo, es incontrovertible y más que evidente que además de esta problemática ambiental existen serias dificultades ocasionadas por la atomización de funciones de las instituciones responsables en las diferentes modalidades temáticas de la gestión, además de una serie de actores con poder político y económico con intereses particulares primando sobre el bien común.

En consecuencia con esto, en el año 2005, la Comisión conjunta conformada por CRA, CORMAGDALENA y DAMAB bajo Convenio Interadministrativo N° 0010 de 2005, formuló el Plan de Ordenamiento y Manejo de la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León aprobado y adoptado mediante Acuerdo N° 001 de 2007.

En los años subsiguientes han surgido un sinnúmero de iniciativas de desarrollo que han encontrado algunas dificultades de materialización, dado que algunas de las restricciones generadas a partir

de la propuesta de zonificación del 2007 no tienen lugar hoy por algunas de las siguientes razones: a) La escala del primer ejercicio no permitía detallar con precisión algunos sectores del territorio que fueron cubiertos por categorías restrictivas sin que necesariamente lo fueran, b) las dinámicas de los últimos 7 años han generado cambios sustanciales en los usos del suelo, entre otras cosas por deficiencias en el control de las actividades que generan el conflicto y las rápidas transformaciones en materia de desarrollo urbano y actividad minera principalmente, c) las tendencias del desarrollo establecen necesidad de re-direccionar la planificación y concretar de mejor manera los compromisos.

El Ministerio de Medio Ambiente, mediante el Decreto 1729 de 2002, define y reglamenta la ordenación de cuencas como una prioridad del país y conmina a todas las Corporaciones Autónomas Regionales a realzar en un plazo prudencial este ejercicio de planificación que permita, por medio del Plan de Ordenamiento y Manejo, atender con la debida prelación y soporte técnico, el proceso de reorientación para lograr un esquema de mejoramiento de las dinámicas hidrogemomorfológicas, el uso del suelo y el manejo armónico de los recursos naturales por parte de las poblaciones allí asentadas. El Decreto en su artículo 4, establece que la ordenación de una cuenca tiene por objeto principal el planeamiento del uso y manejo sostenible de sus recursos naturales renovables, de manera que se consiga mantener o restablecer un adecuado equilibrio entre el aprovechamiento económico de tales recursos y la conservación de la estructura fisico-biótica de la cuenca y particularmente de sus recursos hídricos.

El decreto 1640 de 2012 incorpora elementos nuevos en su articulado que pretenden llenar ciertos vacíos que se traían desde el 1729 de 2002 y además adaptar ciertos esquemas necesarios en la gestión ambiental después del desenlace de la temporada invernal de 2010. Por lo anterior, los temas centrales se relacionaron con el componente de zonificación ambiental (no estaba), el componente programático y el de la gestión del riesgo (que tampoco estaba). De lo anterior se entiende que, para que el ejercicio sea completo se deben preparar también ajustes en la prospectiva, con fundamento en las herramientas consignadas en este abordaje que derivan especialmente del análisis de las tendencias del desarrollo.

Vale la pena resaltar que, si bien es cierto el ejercicio pretendió en primera instancia, ceñirse de manera fiel a esquemas de referencia, encontró que ciertos criterios no necesariamente se podían incorporar directamente y podían generar distorsiones en la aplicabilidad. En tal sentido algunos de estos fueron tomados como mecanismos paralelos de verificación.



2. ENFOQUE

2. ENFOQUE

El departamento del Atlántico y en especial el territorio definido por el área metropolitana ostenta numerosos retos que definen mejores posibilidades de desarrollo para los pobladores, cuya materialización exige ordenar el territorio de manera más adecuada y con mayor detalle, en la perspectiva de garantizar la conservación de la estructura ecológica de soporte pero, potencializando al máximo aquellos atributos que le permiten generar opciones de aprovechamiento de áreas oferentes de recursos. En virtud de ello, el trabajo se enfoca en el logro de los siguientes aspectos:

Levantamiento de coberturas a escala 1:25.000.

La cobertura como reflejo del uso actual del suelo es un elemento básico de análisis por cuanto su determinación con base en la capacidad que tiene el suelo para posibilitar actividades productivas, y a su vez la necesidad de contar con una estructura ecológica principal para suplir servicios ecosistémicos necesarios, son los ejes fundamentales de la planificación del desarrollo con criterio de sostenibilidad. Por lo tanto, el mejoramiento de la escala de determinación con base en el ejercicio de 2007 acota de manera más adecuada el estado actual de intervención del territorio y permite en fases posteriores de ajuste, generar acciones enfocadas a mitigar los impactos, recuperar la funcionalidad y proteger aquellas unidades fundamentales para el sostenimiento (procesos de conservación – preservación).

Levantamiento hidrológico actualizado.

Entendiendo el ordenamiento de cuenca como un proceso de armonización de oferta y demanda de recursos naturales en donde el agua es el centro de trabajo, la verificación a detalle de la estructura hidrológica de la cuenca permite generar información de base con mayor precisión para aspectos relacionados con el manejo de drenajes, cuerpos de agua y rondas. El ejercicio permite establecer indicadores de estado del recurso hídrico que permiten establecer acciones con miras a la optimización del uso y planificar el desarrollo con base en dicha información, dada la necesidad de contar con el recurso para la toma de decisiones.

Incorporación de riesgo indicativo a escala 1:25000.

Para el caso actual, y teniendo en cuenta que el presente ejercicio fue gestado antes de la promulgación de los lineamientos que ubican su involucramiento en planes de ordenación, resulta un paso fundamental en la definición de lineamientos de uso del suelo desde la perspectiva ambiental dado

que permea las dinámicas de ocupación del territorio con criterios de conocimiento de la oferta en esta materia. Para el presente ejercicio, se contempló que el Riesgo Indicativo inicialmente fuera un criterio más de zonificación pero el análisis hecho por el equipo evaluador permitió entender que la identificación de riesgos permite con medidas de manejo, la ejecución de actividades que bajo un esquema de limitación definitiva por fragilidad ambiental o importancia estratégica no sería factible. Por lo tanto se propone finalmente que éste sea un elemento de consulta y verificación para la toma de decisión en el que la zonificación constituye el primer filtro para determinar los lineamientos de manejo y el análisis de riesgo indicativo sea un complemento que ayude a robustecer elementos de análisis en la promulgación de medidas de manejo o incluso de condicionamiento para uso o no del suelo dependiendo del tipo de actividad.

Adaptación / Acople de criterios de zonificación bajo argumentos de guía de zonificación de MADS. Revisión de nuevos criterios y recategorización a escala 1:25000.

Se busca con esto entrar a homologar con ejercicios del resto del país la zonificación como elemento esencial de regulación de uso de los recursos sobre la base de la construcción de escenarios homogéneos con fundamento en criterios que resultan determinantes para la comparación de elementos funcionales del territorio. Completar

Socialización y construcción para ajuste con actores institucionales (gremios – entidades).

Elemento clave en el ajuste por cuanto algunas dinámicas de la zona definida por la cuenca se están gestando y es importante, tanto el hecho de que los actores estén enterados como de que participen activamente en la construcción de los escenarios de planificación mientras se van incorporando conceptos de sostenibilidad y manejo en cada una de sus intervenciones.

Aspectos de consideración para armonización con tendencias de desarrollo.

Para el presente ejercicio se considera vital, en la medida que se articulan las dinámicas actuales y/o las tendencias de desarrollo para compatibilizarlas desde la base o establecer consideraciones previas que garanticen un abordaje adecuado en procesos de licenciamiento ambiental por parte de la autoridad; en este caso es CRA. Por una lado facilita la planificación y por otro atenúa la aplicación de medidas de autoridad ambiental que pueden conllevar a ejercicios jurídicos indeseados.

• *Identificación de Conflictos con otras estrategias de ordenamiento.*

Importante abordaje en cualquier ejercicio de planificación la identificación de puntos de conflicto que conlleven a generar mecanismos de ajuste sobre la base de una lógica de abordaje del uso del territorio con especial énfasis en la conservación de la base natural y el uso sostenible de recursos. Permite

garantizar mejores espacios de gestión, fortalece la planificación desde lo ambiental y evita problemas futuros de traslapamiento, tanto de funciones desde lo institucional como de adelantamiento de acciones inconvenientes en la dinámica de los ecosistemas estratégicos y la prestación de servicios derivados de éstos.





3. DESARROLLO/IMPLEMENTACIÓN

3. DESARROLLO/IMPLEMENTACIÓN

3.1. Insumos básicos para la construcción

3.1.1. Estructuración del sistema de información

Se inició por realizar una búsqueda de imágenes de satélite del área de estudio que cumpliera con una resolución mayor o igual a 1:25.000, Banda con infrarrojo cercano, actual (no mayor a dos años desde el momento de su captura) y sin nubes y distorsión. Entre las opciones de la búsqueda se contó con imágenes tipo RapidEye, Spot 5 y Spot 6, escogiendo la última por estar completa la zona de estudio en una sola imagen y venir ortorectificada, aumentando la fidelidad durante el proceso de construcción de la cartografía.

A continuación se presenta la ficha técnica de la imagen:

DS_SPOT6_2013111505259	
ID de la escena:	DS_SPOT6_2013111505259_FR1_FR1_FR1_FR1_W075n09_10152
Descripción	SPOT 6 imagery
Producto	SPOT 1.5 m
Archivo	SPOT archives
Angulo de incidencia	33,6°
Nubes	1,4%
Resolución	1,5m
Fecha de captura	11 enero 2013

3.1.1.1. Procesamiento

El alistamiento de la imagen consistió en realizar un mosaico "Data Set", luego se generaron estadísticas y corrección de Color. Posteriormente se ajustaron a los rangos de color por banda (Red, Green, Blue e Infrared) utilizando la herramienta Percent Clip aumentar al máximo el contraste en la combinación RGB-321 (Figura 3-1) y RGB-432 (Figura 3-2).

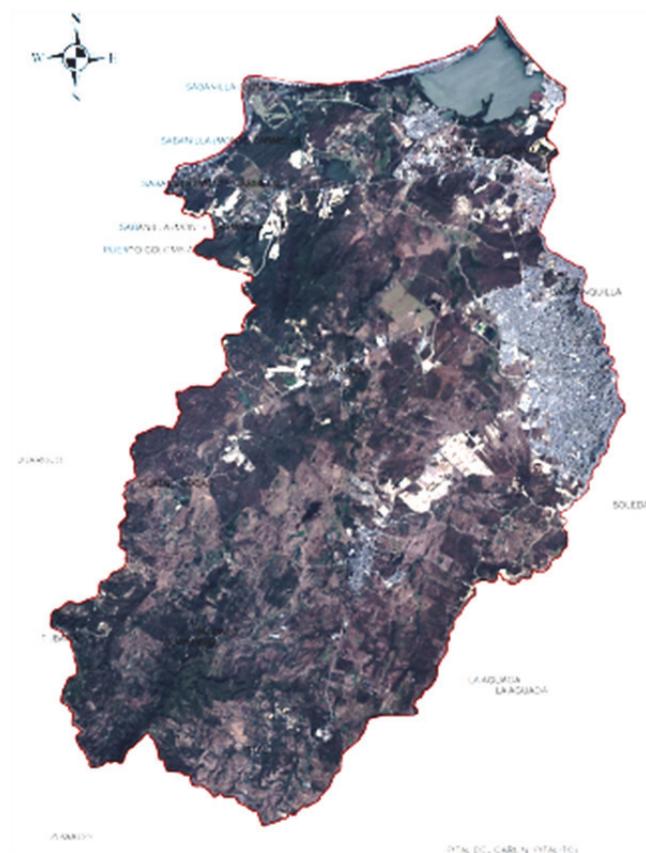


Figura 3-1. Imagen Spot 6 RGB-321

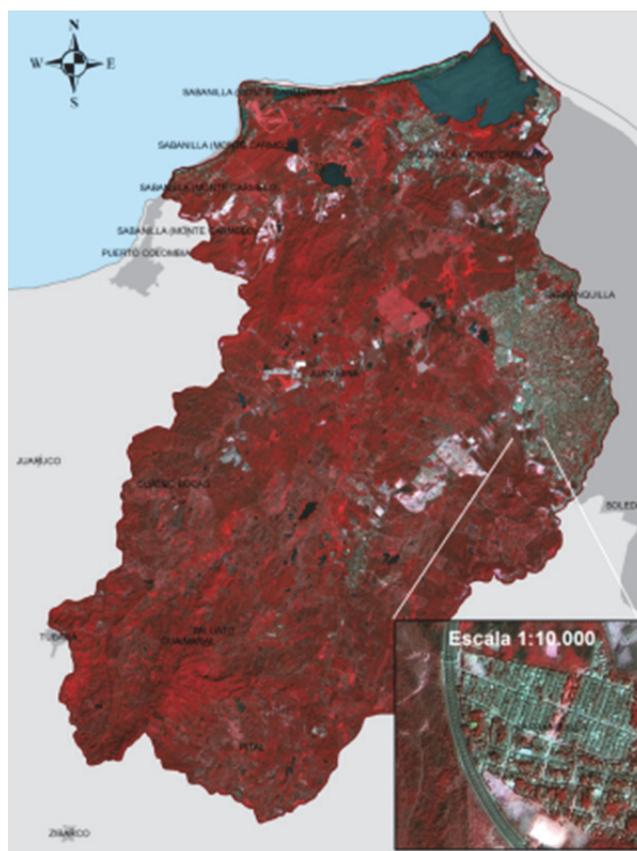


Figura 3-2. Imagen Spot 6 RGB 432.

3.1.1.2. Verificación y ajuste de coberturas

3.1.1.2.1. Determinación de unidades de clasificación para los diferentes parámetros

Las unidades de clasificación se determinaron de acuerdo a la metodología Corine Land Cover para

Colombia realizada por el IDEAM a escala 1:100.000 y ajustada por el proyecto a escala 1:25.000 principalmente es la delimitación de cada unidad evaluada.

A continuación se presenta la tabla con la leyenda Corine Land Cover tenida en cuenta para el procesamiento de unidades.

Tabla 3-1 .Leyenda Corine Land Cover para Colombia a escala 1:100.000

LEYENDA NACIONAL DE COBERTURAS DE LA TIERRA - COLOMBIA	
1. TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS	3. BOSQUES Y ÁREAS SEMINATURALES
1.1.1. Tejido urbano continuo	3.1.1. Bosque denso
1.1.2. Tejido urbano discontinuo	3.1.1.1.1. Bosque denso alto de tierra firme
1.2. Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	3.1.1.1.2. Bosque denso alto inundable
1.2.1. Zonas industriales o comerciales	3.1.1.2.1. Bosque denso bajo de tierra firme
1.2.2. Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	3.1.1.2.2. Bosque denso bajo inundable
1.2.3. Zonas portuarias	3.1.2. Bosque abierto
1.2.4. Aeropuertos	3.1.2.1.1. Bosque abierto alto de tierra firme
1.2.5. Obras hidráulicas	3.1.2.1.2. Bosque abierto alto inundable
1.3. Zonas de extracción minera y escombreras	3.1.2.2.1. Bosque abierto bajo de tierra firme
1.3.1. Zonas de extracción minera	3.1.2.2.2. Bosque abierto bajo inundable
1.3.2. Zonas de disposición de residuos	3.1.3. Bosque fragmentado
1.4. Zonas verdes artificializadas, no agrícolas	3.1.4. Bosque de galería y ripario
1.4.1. Zonas verdes urbanas	3.1.5. Plantación forestal
1.4.2. Instalaciones recreativa	3.2. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva
2. TERRITORIOS AGRÍCOLAS	3.2.1.1. Herbazal denso
2.1. Cultivos transitorios	3.2.1.1.1.1. Herbazal denso de tierra firme no arbolado
2.1.1. Otros cultivos transitorios	3.2.1.1.1.2. Herbazal denso de tierra firme arbolado
2.1.2. Cereales	3.2.1.1.1.3. Herbazal denso de tierra firme con arbustos
2.1.3. Oleaginosas y leguminosas	3.2.1.1.2.1. Herbazal denso inundable no arbolado
2.1.4. Hortalizas	3.2.1.1.2.2. Herbazal denso inundable arbolado
2.1.5. Tubérculos	3.2.1.1.2.3. Arracachal
2.2. Cultivos permanentes	3.2.1.1.2.4. Helechal
2.2.1. Cultivos permanentes herbáceos	3.2.1.2. Herbazal abierto
2.2.1.1. Otros cultivos permanentes herbáceos	3.2.1.2.1. Herbazal abierto arenoso
2.2.1.2. Caña	3.2.1.2.2. Herbazal abierto rocoso
2.2.1.3. Plátano y banano	3.2.2.1. Arbustal denso
2.2.1.4. Tabaco	3.2.2.2. Arbustal abierto
2.2.1.5. Papaya	3.2.3. Vegetación secundaria o en transición
2.2.1.6. Amapola	3.3. Áreas abiertas, sin o con poca vegetación
2.2.2. Cultivos permanentes arbustivos	3.3.1. Zonas arenosas naturales
2.2.2.1. Otros cultivos permanentes arbustivos	3.3.2. Afloramientos rocosos
2.2.2.2. Café	3.3.3. Tierras desnudas y degradadas
2.2.2.3. Cacao	3.3.4. Zonas quemadas
2.2.2.4. Viñedos	3.3.5. Zonas glaciares y nivales
2.2.2.5. Coca	4. AREAS HÚMEDAS
2.2.3. Cultivos permanentes arbóreos	4.1. Áreas húmedas continentales
2.2.3.1. Otros cultivos permanentes arbóreos	4.1.1. Zonas Pantanosas
2.2.3.2. Palma de aceite	4.1.2. Turberas
2.2.3.3. Cítricos	4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua
2.2.3.4. Mango	4.2. Áreas húmedas costeras
2.2.4. Cultivos agroforestales	4.2.1. Pantanos costeros
2.2.5. Cultivos confinados	4.2.2. Salitral
2.3. Pastos	4.2.3. Sedimentos expuestos en bajamar

2. TERRITORIOS AGRÍCOLAS (continuación)	5. SUPERFICIES DE AGUA
2.3.1. Pastos limpios	5.1. Aguas continentales
2.3.2. Pastos arbolados	5.1.1. Ríos (50 m)
2.3.3. Pastos enmalezados	5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales
2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	5.1.3. Canales
2.4.1. Mosaico de cultivos	5.1.4. Cuerpos de agua artificiales
2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	5.2. Aguas marítimas
2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	5.2.1. Lagunas costeras
2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	5.2.2. Mares y océanos
2.4.5. Mosaico de cultivos y espacios naturales	5.2.3. Estanques para acuicultura marina

3.1.1.2.2. Guías de color para la representación cartográfica

La salida final de la cartografía estuvo sujeta a las directrices del trabajo de CORINE realizado para Colombia, las siguientes tablas ilustran los colores a utilizar dependiendo del nivel de detalle (Figura 3-3, Figura 3-4 y Figura 3-5).

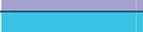
NIVEL 1	ROJO (%)	ROJO (/255)	VERDE (%)	VERDE (/255)	AZUL (%)	AZUL (/255)	MUESTRA	CORRESPONDENCIA AL NIVEL
1	80,0	204	0,0	0	0,0	0		111
2	100,0	255	100,0	255	65,1	166		211
3	50,2	128	100,0	255	0,0	0		311
4	65,1	166	65,1	166	100,0	255		411
5	0,0	0	80,0	204	94,9	242		511

Figura 3-3. Guía de color para el Nivel I de la Metodología CORINE Land Cover.

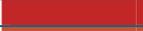
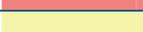
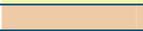
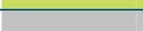
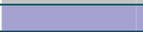
NIVEL 1	ROJO (%)	ROJO (/255)	VERDE (%)	VERDE (/255)	AZUL (%)	AZUL (/255)	MUESTRA	CORRESPONDENCIA AL NIVEL
11	80,00	204	0,00	0	0,00	0		111
12	80,00	204	30,20	77	16,47	42		121
13	65,10	166	0,00	0	80,00	204		131
14	100,00	255	50,20	128	50,20	128		141
21	100,00	255	100,00	255	65,10	166		211
22	94,90	242	80,00	204	65,10	166		221
23	80,00	204	100,00	255	80,00	204		231
24	100,00	255	90,20	230	65,10	166		241
31	50,20	128	100,00	255	0,00	0		311
32	80,00	204	94,90	242	30,20	77		321
33	76,08	194	76,08	194	76,08	194		331
41	65,10	166	65,10	166	100,00	255		411
42	80,00	204	80,00	204	100,00	255		421
51	0,00	0	80,00	204	94,90	242		511
52	0,00	0	100,00	255	65,10	166		521

Figura 3-4. Guía de color para el Nivel II de la Metodología CORINE Land Cover.

NIVEL 1	ROJO (%)	ROJO (/255)	VERDE (%)	VERDE (/255)	AZUL (%)	AZUL (/255)	MUESTRA
111	80,00	204	0,00	0	0,00	0	
112	97,25	248	0,00	0	0,00	0	
121	80,00	204	30,20	77	16,47	42	
122	85,10	217	39,61	101	27,06	69	
123	100,00	225	65,10	132	100,00	107	
124	100,00	231	30,20	156	100,00	135	
125	93,33	238	72,55	185	66,66	170	
131	65,10	166	0,00	0	80,00	204	
132	82,74	211	9,10	23	0,00	255	
141	100,00	255	50,20	128	50,20	128	
142	100,00	255	68,63	175	68,63	175	
211	100,00	255	100,00	255	65,10	166	
212	100,00	255	100,00	255	37,25	95	
213	93,33	238	90,98	232	0,00	0	
214	82,35	210	80,39	205	0,00	0	
221	94,90	242	80,00	204	65,10	166	
222	92,94	237	71,76	183	50,59	129	
223	90,59	231	62,74	160	34,90	89	
224	89,02	227	55,29	141	21,57	55	
225	83,92	214	47,84	122	11,76	30	
226	78,43	200	44,71	114	10,98	28	
227	72,16	184	41,18	105	10,20	26	
228	61,18	156	34,92	89	8,63	22	
229	50,98	130	29,02	74	7,06	18	
231	80,00	204	100,00	255	80,00	204	
232	62,35	159	100,00	255	62,35	159	
233	61,57	157	100,00	255	78,43	200	
241	100,00	255	90,20	230	65,10	166	
242	100,00	255	84,71	216	45,88	117	
243	100,00	255	78,82	201	25,49	65	
244	99,61	254	70,98	181	0,00	0	
311	50,20	128	100,00	255	0,00	0	
312	43,92	112	87,84	224	0,00	0	
313	38,04	97	76,08	194	0,00	0	
314	33,73	86	67,45	172	0,00	0	
315	28,24	72	56,47	144	0,00	0	
321	80,00	204	94,90	242	30,20	77	
322	67,06	171	86,27	220	6,27	16	
323	58,82	150	75,29	192	5,49	14	
324	50,20	128	64,31	164	4,70	12	
325	42,35	108	54,12	138	3,92	10	
331	76,08	194	76,08	194	76,08	194	
332	70,20	179	70,20	179	70,20	179	
333	61,96	158	61,96	158	61,96	158	
334	53,73	137	53,73	137	53,73	137	
335	39,61	101	39,61	101	70,59	180	
411	65,10	166	65,10	166	100,00	255	
412	30,20	77	56,86	145	100,00	255	
413	45,10	115	45,10	115	100,00	255	
414	33,37	80	31,37	80	100,00	255	
421	80,00	204	80,00	204	100,00	255	
422	71,76	183	71,76	183	100,00	255	
423	65,49	167	65,49	167	100,00	255	
511	0,00	0	80,00	204	94,90	242	
512	27,06	69	87,84	224	100,00	255	
513	58,43	149	92,94	237	100,00	255	
514	80,39	205	96,86	247	100,00	255	
521	0,00	0	100,00	255	65,10	166	
522	40,39	103	100,00	255	78,20	201	
523	67,06	171	100,00	255	88,24	225	
524	83,53	213	100,00	255	94,12	240	

Figura 3-5. Guía de color para el Nivel III de la Metodología CORINE Land Cover.

3.1.1.2.3. Análisis de segmentación

El procedimiento para la construcción de la cartografía de Cobertura de la Tierra consistió en generar un análisis de segmentación sobre la imagen RGB-432, el cual consiste en agrupar píxeles similares en cuanto a la composición de color (Figura 3-6). Una vez avalada la segmentación por los tamaños del segmento entre 3 a 7 hectáreas (tamaño propicio para realizar cartografía a escala 1:25.000 de coberturas), se procedió a listar los diferentes tipos de coberturas identificadas.



Figura 3-6. Generación análisis de segmentación.

3.1.1.2.4. Salidas de verificación a campo

Con el fin de corroborar los diferentes tipos de coberturas identificadas desde la imagen, se realizaron dos salidas de campo donde se tomaron fotografías georreferenciadas. En la primera, se correlacionaron las diferentes coberturas vistas en campo con las imágenes de satélite, y en la segunda, se realizó generó la verificación del mapa de coberturas con el fin de verificar la calidad y ajustes necesarios (Figura 3-7).



Figura 3-7. Puntos de verificación en campo (puntos verdes) y recorrido (línea roja).

3.1.1.2.5. Edición manual de coberturas

Esta fase durante la elaboración de la cartografía de coberturas consistió en identificar manualmente cada uno de los polígonos y con ayuda de las fotografías georreferenciadas identificar el tipo de cobertura en sus diferentes niveles de Corine Land Cover (Figura 3-8. y Figura 3-9.).



Figura 3-8. Identificación manual de coberturas por unidad de segmentación.

OBJECTID *	Shape *	N1_COBERT	N2_COBERT	N3_COBERT	N4_COBERT	N5_COBERT	N6_COBERT	NOMENCLAT	TIPO_USO
1	Polygon	Territorios Artificiaizados	Zonas urbanizadas	Tejido urbano continuo	<Null>	<Null>	<Null>	111	<Null>
2	Polygon	Territorios Artificiaizados	Zonas urbanizadas	Tejido urbano continuo	<Null>	<Null>	<Null>	111	<Null>
3	Polygon	Territorios Artificiaizados	Zonas urbanizadas	Tejido urbano continuo	<Null>	<Null>	<Null>	111	<Null>
4	Polygon	Territorios Artificiaizados	Zonas urbanizadas	Tejido urbano continuo	<Null>	<Null>	<Null>	111	<Null>
5	Polygon	Territorios Artificiaizados	Zonas urbanizadas	Tejido urbano continuo	<Null>	<Null>	<Null>	111	<Null>
6	Polygon	Territorios Artificiaizados	Zonas urbanizadas	Tejido urbano continuo	<Null>	<Null>	<Null>	111	<Null>
7	Polygon	Territorios Artificiaizados	Zonas urbanizadas	Tejido urbano continuo	<Null>	<Null>	<Null>	111	<Null>
8	Polygon	Territorios Artificiaizados	Zonas urbanizadas	Tejido urbano continuo	<Null>	<Null>	<Null>	111	<Null>
9	Polygon	Territorios Artificiaizados	Zonas urbanizadas	Tejido urbano continuo	<Null>	<Null>	<Null>	111	<Null>
10	Polygon	Territorios Artificiaizados	Zonas urbanizadas	Tejido urbano continuo	<Null>	<Null>	<Null>	111	<Null>
11	Polygon	Territorios Artificiaizados	Zonas urbanizadas	Tejido urbano continuo	<Null>	<Null>	<Null>	111	<Null>
12	Polygon	Territorios Artificiaizados	Zonas urbanizadas	Tejido urbano continuo	<Null>	<Null>	<Null>	111	<Null>
13	Polygon	Territorios Artificiaizados	Zonas urbanizadas	Tejido urbano continuo	<Null>	<Null>	<Null>	111	<Null>
14	Polygon	Territorios Artificiaizados	Zonas urbanizadas	Tejido urbano continuo	<Null>	<Null>	<Null>	111	<Null>
15	Polygon	Territorios Artificiaizados	Zonas urbanizadas	Tejido urbano continuo	<Null>	<Null>	<Null>	111	<Null>
16	Polygon	Territorios Artificiaizados	Zonas urbanizadas	Tejido urbano continuo	<Null>	<Null>	<Null>	111	<Null>
17	Polygon	Territorios Artificiaizados	Zonas urbanizadas	Tejido urbano continuo	<Null>	<Null>	<Null>	111	<Null>
18	Polygon	Territorios Artificiaizados	Zonas urbanizadas	Tejido urbano continuo	<Null>	<Null>	<Null>	111	<Null>
19	Polygon	Territorios Artificiaizados	Zonas urbanizadas	Tejido urbano continuo	<Null>	<Null>	<Null>	111	<Null>
20	Polygon	Territorios Artificiaizados	Zonas urbanizadas	Tejido urbano continuo	<Null>	<Null>	<Null>	111	<Null>
21	Polygon	Territorios Artificiaizados	Zonas urbanizadas	Tejido urbano continuo	<Null>	<Null>	<Null>	111	<Null>
22	Polygon	Territorios Artificiaizados	Zonas urbanizadas	Tejido urbano continuo	<Null>	<Null>	<Null>	111	<Null>
23	Polygon	Territorios Artificiaizados	Zonas urbanizadas	Tejido urbano continuo	<Null>	<Null>	<Null>	111	<Null>
24	Polygon	Territorios Artificiaizados	Zonas urbanizadas	Tejido urbano continuo	<Null>	<Null>	<Null>	111	<Null>
25	Polygon	Territorios Artificiaizados	Zonas urbanizadas	Tejido urbano continuo	<Null>	<Null>	<Null>	111	<Null>
26	Polygon	Territorios Artificiaizados	Zonas urbanizadas	Tejido urbano continuo	<Null>	<Null>	<Null>	111	<Null>
27	Polygon	Territorios Artificiaizados	Zonas urbanizadas	Tejido urbano continuo	<Null>	<Null>	<Null>	111	<Null>
28	Polygon	Territorios Artificiaizados	Zonas urbanizadas	Tejido urbano continuo	<Null>	<Null>	<Null>	111	<Null>
29	Polygon	Territorios Artificiaizados	Zonas urbanizadas	Tejido urbano continuo	<Null>	<Null>	<Null>	111	<Null>
30	Polygon	Territorios Artificiaizados	Zonas urbanizadas	Tejido urbano continuo	<Null>	<Null>	<Null>	111	<Null>
31	Polygon	Territorios Artificiaizados	Zonas urbanizadas	Tejido urbano continuo	<Null>	<Null>	<Null>	111	<Null>
32	Polygon	Territorios Artificiaizados	Zonas urbanizadas	Tejido urbano continuo	<Null>	<Null>	<Null>	111	<Null>
33	Polygon	Territorios Artificiaizados	Zonas urbanizadas	Tejido urbano continuo	<Null>	<Null>	<Null>	111	<Null>
34	Polygon	Territorios Artificiaizados	Zonas urbanizadas	Tejido urbano continuo	<Null>	<Null>	<Null>	111	<Null>
35	Polygon	Territorios Artificiaizados	Zonas urbanizadas	Tejido urbano continuo	<Null>	<Null>	<Null>	111	<Null>
36	Polygon	Territorios Artificiaizados	Zonas urbanizadas	Tejido urbano continuo	<Null>	<Null>	<Null>	111	<Null>
37	Polygon	Territorios Artificiaizados	Zonas urbanizadas	Tejido urbano continuo	<Null>	<Null>	<Null>	111	<Null>
38	Polygon	Territorios Artificiaizados	Zonas urbanizadas	Tejido urbano continuo	<Null>	<Null>	<Null>	111	<Null>
39	Polygon	Territorios Artificiaizados	Zonas urbanizadas	Tejido urbano continuo	<Null>	<Null>	<Null>	111	<Null>
40	Polygon	Territorios Artificiaizados	Zonas urbanizadas	Tejido urbano continuo	<Null>	<Null>	<Null>	111	<Null>
41	Polygon	Territorios Artificiaizados	Zonas urbanizadas	Tejido urbano continuo	<Null>	<Null>	<Null>	111	<Null>
42	Polygon	Territorios Artificiaizados	Zonas urbanizadas	Tejido urbano continuo	<Null>	<Null>	<Null>	111	<Null>
43	Polygon	Territorios Artificiaizados	Zonas urbanizadas	Tejido urbano continuo	<Null>	<Null>	<Null>	111	<Null>
44	Polygon	Territorios Artificiaizados	Zonas urbanizadas	Tejido urbano discontinuo	<Null>	<Null>	<Null>	112	<Null>
45	Polygon	Territorios Artificiaizados	Zonas urbanizadas	Tejido urbano discontinuo	<Null>	<Null>	<Null>	112	<Null>
46	Polygon	Territorios Artificiaizados	Zonas urbanizadas	Tejido urbano discontinuo	<Null>	<Null>	<Null>	112	<Null>
47	Polygon	Territorios Artificiaizados	Zonas urbanizadas	Tejido urbano discontinuo	<Null>	<Null>	<Null>	112	<Null>
48	Polygon	Territorios Artificiaizados	Zonas urbanizadas	Tejido urbano discontinuo	<Null>	<Null>	<Null>	112	<Null>

Figura 3-9. Identificación de coberturas en cada nivel de la metodología Corine Land Cover.

3.1.1.2.6. Mapa de cobertura

En total se identificaron 27 tipos de coberturas, de las cuales la Vegetación Secundaria Baja fue la de mayor representación (27%), seguida por Pastos

Enmalezados (17%), Tejido Urbano Continuo 12%, y pastos arbolados 9% (Tabla 3-2; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

Tabla 3-2. Hectáreas por cobertura identificada en la Cuenca Mallorca

Cobertura	ha	Cobertura	ha
Bosque de galería y/o ripario	598.9	Mosaico de cultivos y espacios naturales	874.3
Bosque denso bajo	788.3	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	571.9
Bosque fragmentado con pastos y cultivos	329.7	Mosaico de pastos y cultivos	310.2
Bosque fragmentado con vegetación secundaria	399.4	Pastos arbolados	2565.0
Cuerpos de agua artificiales	338.5	Pastos enmalezados	5086.6
Explotación de materiales de construcción	364.5	Pastos limpios	1155.3
Herbazal denso	495.4	Tejido urbano continuo	3597.2
Herbazal denso inundable	209.1	Tejido urbano discontinuo	686.9
Herbazal denso inundable no arbolado	192.0	Tierras desnudas y degradadas	639.0
Instalaciones recreativas	118.5	Vegetación secundaria alta	1037.7
Lagunas costeras	779.8	Vegetación secundaria baja	8027.8
Lagunas de oxidación	37.7	Zonas de disposición de residuos	102.8
Manglar denso alto	298.4	Zonas industriales o comerciales	269.3
Mares y océanos	102.9		

A continuación (Tabla 3-3) se realiza una descripción de las coberturas verificadas en el área de estudio.

Tabla 3-3 Descripción de las coberturas halladas en el área de estudio

CÓDIGO	COBERTURA
111	Tejido Urbano Continuo
	<p>(3597,2 ha) Son espacios conformados por edificaciones y los espacios adyacentes a la infraestructura edificada. Las edificaciones, vías y superficies cubiertas artificialmente cubren más del 80% de la superficie del terreno. La vegetación y el suelo desnudo representan una baja proporción del área del tejido urbano. Esta unidad está representada por el casco urbano del Distrito de Barranquilla y el del Municipio de Galapa.</p>
112	Tejido Urbano Discontinuo
	<p>(686,9 ha) Son espacios conformados por edificaciones y zonas verdes. Las edificaciones, vías e infraestructura construida cubren artificialmente la superficie del terreno de manera dispersa y discontinua, ya que el resto del área está cubierto por vegetación. Es el caso de barrios con baja densidad o proyectos campestres, principalmente en la carretera Barranquilla a Puerto Colombia.</p>
121	Zonas Industriales o comerciales
	<p>(269,3 Ha) Comprende los territorios cubiertos por infraestructura de uso exclusivamente comercial o industrial. Se incluyen tanto las instalaciones como las redes de comunicaciones que permiten el desarrollo de los procesos específicos de cada actividad. En el Distrito de Barranquilla se encuentran principalmente en la zona de la Vía 40</p>
1315	Explotación de materiales de construcción
	<p>(364,5 ha) Son áreas dedicadas a la extracción de materiales minerales a cielo abierto. Puede incluir arenas, canteras, gravilleras, edificios e infraestructuras industriales asociadas a la explotación. En la cuenca hay varias áreas de explotación minera, algunas de ellas sin los respectivos permisos; las legales se concentran en el sistema de lomerío de Puerto Colombia, Tubará y Galapa.</p>
132	Zonas de disposición de residuos
	<p>(102,8 ha) Son espacios en los que se depositan restos de construcción, residuos urbanos, desechos industriales y material estéril de minas. En la cuenca se encuentra el relleno sanitario Los Pocitos y el ya clausurado Heneken.</p>

CÓDIGO	COBERTURA
<p>142</p> 	<p>Instalaciones recreativas</p> <p>(118,5 ha) Son los terrenos dedicados a las actividades de camping, deporte, parques de atracción, golf, hipódromos y otras actividades de recreación y esparcimiento, incluyendo los parques habilitados para esparcimiento, no incluidos dentro del tejido urbano.</p>
<p>231</p> 	<p>Pastos limpios</p> <p>(1155,3 ha) Esta cobertura comprende las tierras ocupadas por pastos limpios con un porcentaje de cubrimiento mayor al 70%; la realización de prácticas de manejo (limpieza, encalamiento y/o fertilización, etc) y el nivel tecnológico utilizados impiden la presencia o el desarrollo de otras coberturas.</p>
<p>243</p> 	<p>Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales</p> <p>(571,9 ha) Esta cobertura comprende las superficies del territorio ocupadas principalmente por coberturas de cultivos y pastos en combinación con espacios naturales importantes. En esta unidad, el patrón de distribución de las zonas de cultivos, pastos y espacios naturales no puede ser representado individualmente</p>
<p>242</p> 	<p>Mosaico de pastos y cultivos</p> <p>(310 ha) Comprende las tierras ocupadas por pastos y cultivos, en los cuales el tamaño de las parcelas es muy pequeño (inferior a 25 ha) y el patrón de distribución de los lotes es demasiado intrincado para representarlos cartográficamente de manera individual.</p>
<p>245</p> 	<p>Mosaico de cultivos y espacios naturales</p> <p>(874,3 ha) Corresponde a las superficies ocupadas principalmente por cultivos en combinación con espacios naturales, en los cuales el tamaño de las parcelas es muy pequeño y el patrón de distribución de los lotes es demasiado intrincado para representarlos cartográficamente de manera individual. En esta unidad, los espacios naturales se presentan como pequeños parches o relictos que se distribuyen en forma irregular y heterogénea, a veces entremezclada con las áreas de cultivos, dificultando su diferenciación.</p>
<p>232</p> 	<p>Pastos arbolados</p> <p>(2565 ha) Cobertura que incluye las tierras cubiertas con pastos en los cuales se han estructurado potreros con presencia de árboles de altura superior a 5 metros, distribuidos en forma dispersa. La cobertura de árboles debe ser mayor al 30% y menor al 50% del área de pastos arbolados.</p>

CÓDIGO	COBERTURA
233 	Pastos enmalezados (5086,6 ha) Son las coberturas representadas por tierras con pastos y malezas conformando asociaciones de rastrojos, debido principalmente a la realización de escasas prácticas de manejo o la ocurrencia de procesos de abandono. En general, la altura del rastrojo es menor a 1,5 metros.
311122 	Manglar denso (298,4 ha) Cobertura constituida y dominada por elementos arbóreos del ecosistema de manglar, los cuales forman un estrato de copas (dosel) más o menos continuo. Ubicados sobre áreas inundables constantemente o temporalmente, con aguas salobres o de influencia salina, la altura del dosel en los manglares del Atlántico son bajos, así que se puede considerar una altura mayor a 12 metros como Alto. Las especies dominantes en la cuenca de Mallorquín son <i>Avicennia germinans</i> , <i>Laguncularia racemosa</i> y <i>Conocarpus erecta</i> , en menor medida <i>Rhizophora mangle</i> .
3131 	Bosque fragmentado con pastos y cultivos (329,7 ha) Areas cubiertas por bosques naturales, en este caso del bosque seco tropical que mantienen su estructura original, alternados con evidencia de fuerte intervención humana. Se pueden dar la ocurrencia de áreas completamente transformadas en el interior de la cobertura, originando parches por la presencia de otras coberturas que sugieran un uso del suelo como pastos y cultivos que reemplazan la cobertura original.
3132 	Bosque fragmentado con vegetación secundaria (399,4 ha) Territorios cubiertos por bosques naturales con evidencia de intervención humana no reciente, que mantienen su estructura original. Se pueden dar la ocurrencia de áreas completamente transformadas en el interior de la cobertura, originando parches donde hubo presencia de coberturas antópicas como pastos y cultivos pero que han sido abandonadas para dar paso a un proceso de regeneración natural del bosque en los primeros estados de sucesión vegetal.
3231 	Vegetación secundaria alta (1037,7 ha) Son aquellas áreas cubiertas por vegetación principalmente arbórea con dosel irregular y presencia de ocasional de arbustos, palmas y enredaderas, que corresponde a estadios intermedios de la sucesión vegetal. Se caracteriza por la dominancia de especies secundarias de porte bajo con algunos elementos arbóreos de etapas sucesionales más avanzadas; fisionómicamente presenta un dosel discontinuo e irregular, y un estrato arbustivo denso, el cual corresponde a una fase sucesional de agregación. Se desarrolla luego de varios años de la intervención original, generalmente después de la etapa secundaria baja.
3232 	Vegetación secundaria baja (8027,8 ha) Son aquellas áreas cubiertas por vegetación principalmente arbustiva y herbácea con dosel irregular y presencia de ocasional de árboles y enredaderas, que corresponde a los estadios iniciales de la sucesión vegetal después de presentarse un proceso de deforestación de los bosques o aforestación de los pastizales. Corresponde a una vegetación secundaria de tipo arbustivo-herbáceo de ciclo de vida corto, con alturas que no superan los 5 m y cobertura densa, relacionadas con una fase de colonización de inductores preclimáticos, donde especies de una fase más avanzada se establecen y comienzan a emerger. Se desarrolla posterior a la intervención original y generalmente están conformadas por comunidades de arbustos y herbáceas formadas por muchas especies.

CÓDIGO	COBERTURA
321121 	Herbazal denso inundable no arbolado (192 ha) Corresponde a aquellas superficies dominadas por vegetación natural herbácea con cobertura mayor a 70% del área total de la unidad, en suelos permanentemente sobresaturados, que durante los periodos de lluvia (4-12 meses al año en la temporada de lluvias de abril a noviembre) pueden estar cubiertos por una lámina de agua. Puede presentar algunos elementos arbóreos en forma de parches o matas de monte y áreas con comunidades de palmas, dispersos, que en ningún caso superan el 2%.
333 	Tierras desnudas y degradadas (639 ha) Esta cobertura corresponde a las superficies de terreno desprovistas de vegetación o con escasa cobertura vegetal, debido a la ocurrencia de procesos tanto naturales como antrópicos de erosión y degradación extrema y/o condiciones climáticas extremas. Se incluyen las áreas donde se presentan tierras salinizadas, en proceso de desertificación o con intensos procesos de erosión que pueden llegar hasta la formación de cárcavas.
514 	Cuerpos de agua artificiales (338,5 ha) Esta cobertura comprende los cuerpos de agua de carácter artificial, que fueron creados por el hombre para almacenar agua usualmente con el propósito de generación de electricidad y el abastecimiento de acueductos, aunque también para prestar otros servicios tales como control de caudales, inundaciones, abastecimiento de agua, riego y con fines turísticos y recreativos.
5142 	Lagunas de oxidación (37,7 ha) Excavaciones o piscinas de poca profundidad en el cual se desarrolla una población microbiana compuesta por bacterias, algas y protozoos que conviven en forma simbiótica y eliminan en forma natural patógenos relacionados con excrementos humanos, sólidos en suspensión y materia orgánica, causantes de enfermedades tales como el cólera, el parasitismo, la hepatitis y otras enfermedades gastrointestinales. Es un método eficiente para tratar aguas residuales provenientes del alcantarillado sanitario.
521 	Lagunas costeras (779,8 ha) Superficies de agua salada o salobre, separadas del mar por tierras sobresalientes u otras topografías similares. Pueden tener comunicación con el mar de manera permanente o temporal a través de canales, barras de arena y zonas de pantanos costeros.

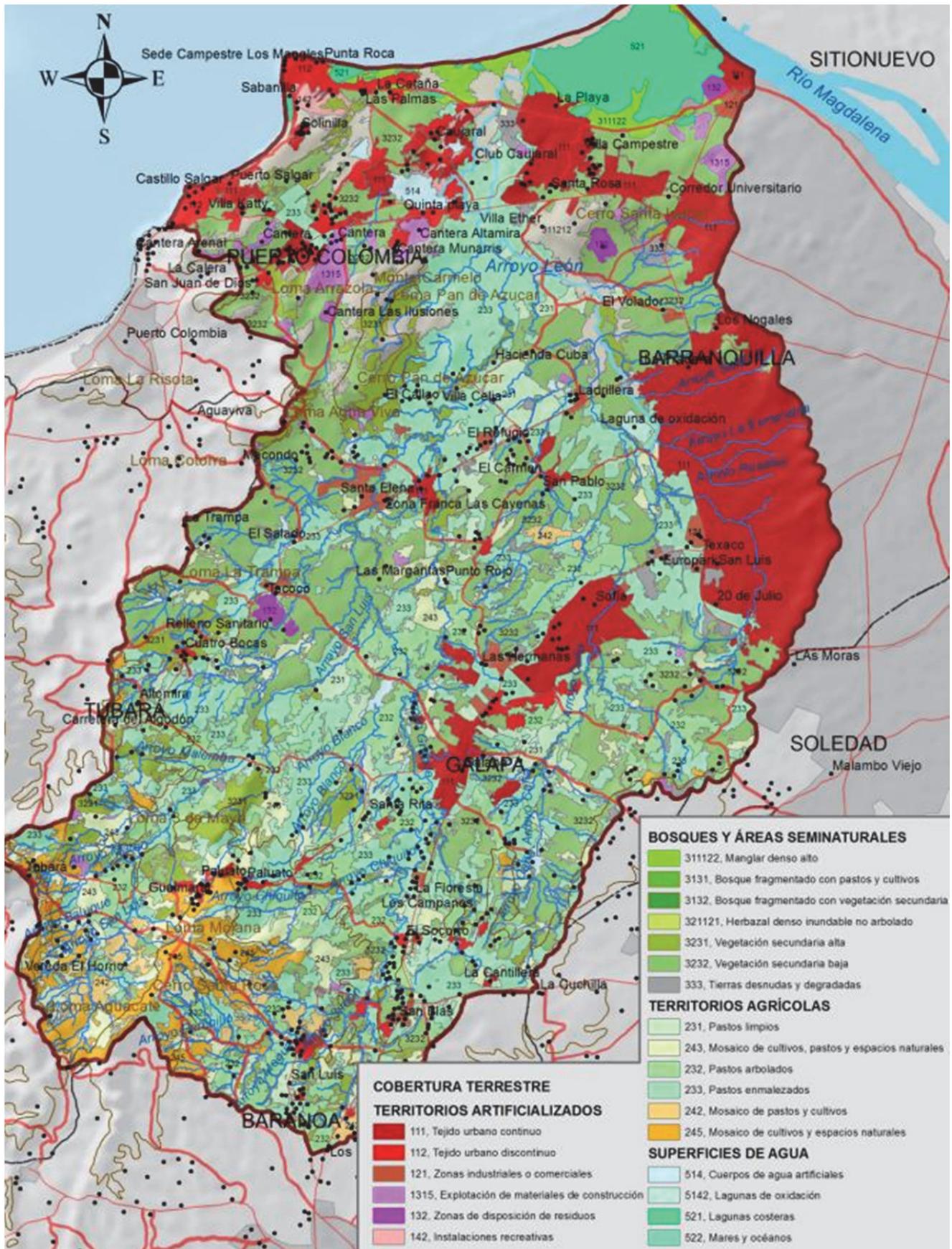


Figura 3-10 Mapa de cobertura en la Cuenca de la Ciénaga Mallorca

3.1.2. Aspectos hidrológicos

3.1.2.1. Generalidades

El alcance de los estudios hidrológicos que fundamentan la fase prospectiva y zonificación ambiental, están enfocados a determinar las características fisiográficas de cada una de las unidades hidrográficas que componen la cuenca de estudio (subcuencas y/o microcuencas), como además determinar la oferta hídrica en términos de una caracterización climática y balance hidrológico, que permitan identificar zonas homogéneas en términos de disponibilidad, uso y manejo de los recursos hídricos disponibles. Con base en estos resultados será posible realizar los análisis de conflicto y vulnerabilidad hídrica de la cuenca.

Para desarrollar los estudios hidrológicos base del trabajo, se inició con la recopilación y adquisición de la información cartográfica, climatológica en las estaciones hidroclimáticas disponibles en la zona de estudio.

Preliminarmente se delimitaron cada una de las subcuencas que confluyen a la ciénaga de Mallorquín, determinando los parámetros morfométricos para cada una de estas, con base en el procesamiento del modelo de elevación digital del terreno y de las estaciones pluviométricas que se encuentran en el Departamento del Atlántico que tienen aporte al área de estudio.

Posteriormente se inició el cálculo de los caudales de escorrentía asociados a las lluvias históricas, a escala diaria y para distintos periodos de retorno, de acuerdo a los procedimientos descritos en las respectivas metodologías.

3.1.2.1.1. Delimitación de la cuenca y subcuencas de Mallorquín

La cuenca la ciénaga de Mallorquín se encuentra ubicada al norte del departamento del Atlántico y posee un área aproximada de 299.37 Km² en la que se incluye las áreas urbanas de Galapa y el occidente de Barranquilla; y el área de la ciénaga Mallorquín (8.57Km²) y de otros cuerpos de agua como las Ciénagas de Los Manatíes (0.71 Km²), El Salado (0.10 Km²) y Sabanilla (0.14 Km²) . Está área no incluye el área del tajamar occidental la cual es cercana a 1.53 Km².

En el costado Noreste (NE) la cuenca limita con el río Magdalena, específicamente con el Tajamar Occidental. En el costado Este (E) el límite atraviesa casco urbano de Barranquilla y la loma La Sierra hasta alcanzar su punto más sur (S) en cercanías de la población de Baranoa. En el costado Suroccidental (SO) y occidental (O) la cuenca limita con las lomas de Santa Rosa y La Peronilla, el casco urbano de la población de Tubará y las lomas de La Trampa, Agua Viva y Nisperal. En su costado No-

ccidental (NO) se encuentra con la línea de costa Pradomar y al Norte (N) se extiende bordeando Salgar, Solinilla, Sabanilla, Punta Roca, Los Manatíes y la barra de arena que separa la ciénaga del mar hasta llegar a su extremo Noreste (NE) donde se encuentra nuevamente con el tajamar occidental.

La cuenca de Mallorquín y sus subcuencas fueron determinadas mediante el uso de la herramienta computacional ARC-GIS, la topografía general del terreno, y la imagen SPOT 6 de la zona de estudio. La topografía general fue tomada mediante análisis de imágenes satelitales SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) proporcionadas por la NASA . La Figura 3-11 muestra la topografía general utilizada, en la cual se observa la zona en estudio. El punto más bajo de la topografía de la Cuenca es 8 msnm, mientras que el más alto esta alrededor de los 315 msnm. La imagen SPOT 6 empleada en el estudio es la mostrada en la Figura 3-12. Con esta imagen se definió la red de drenaje sencilla y doble, y rectificaron las divisorias de las subcuencas de Mallorquín.

Con el análisis de la información, se determinó la divisoria de la cuenca de mallorquín y las respectivas subcuencas.

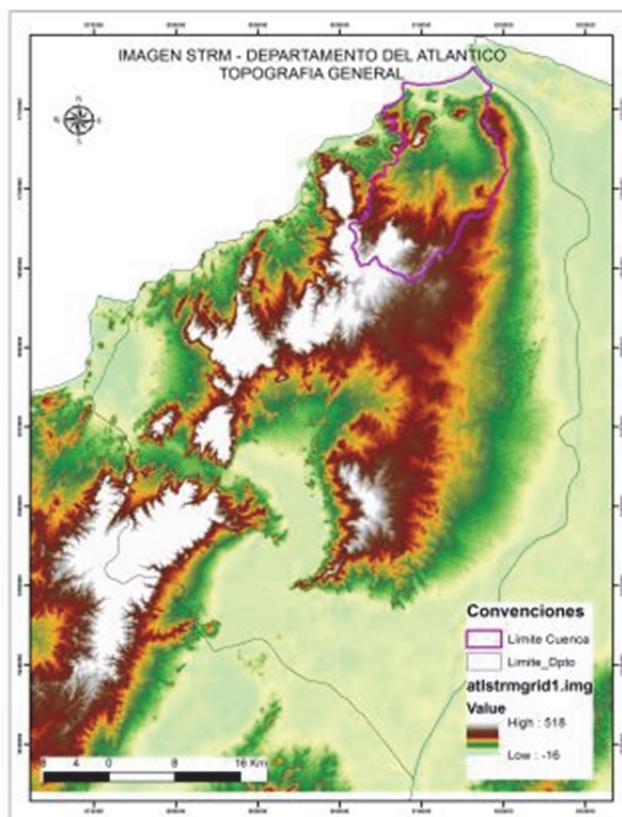


Figura 3-11. Topografía general. Fuente: STRM – NASA.

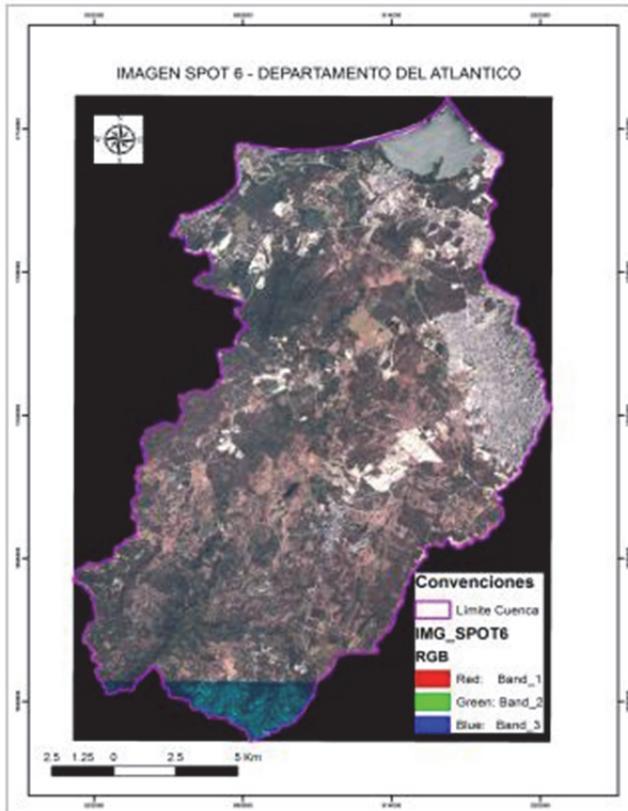


Figura 3-12. Imagen SPOT 6.

Se estableció que la cuenca de Mallorquín está compuesta por seis (6) subcuencas: San Luis o Arroyo Granda, Oriental - C. Pan de Azúcar o Arroyo Grande, Arroyo Hondo o Arroyo León, Cisne, Perdida Cantera y Plano Costero o Cuenca Baja.

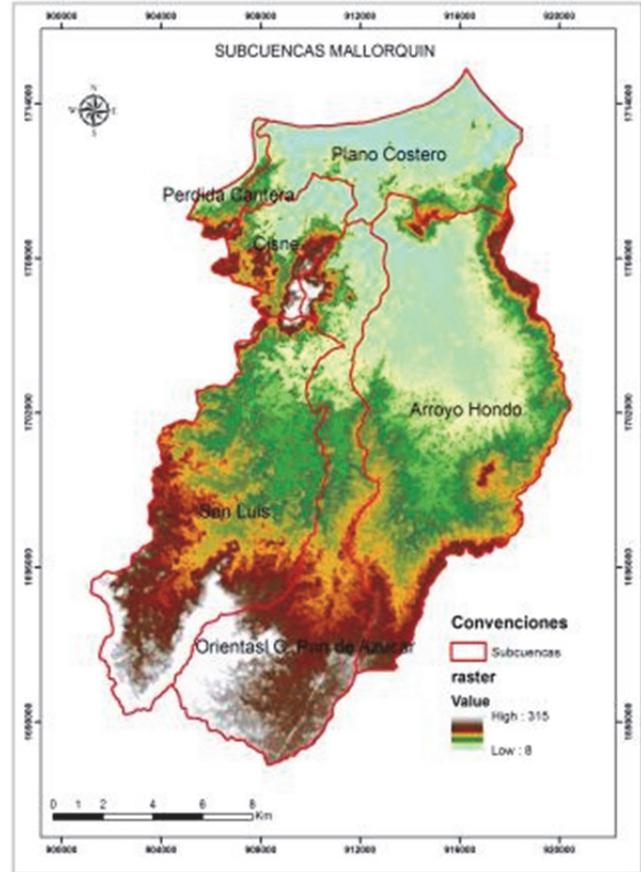


Figura 3-13. Cuenca y subcuencas de Mallorquín.

Fuente: Elaboración propia.

3.1.2.1.2. Morfometría

Para el estudio de la caracterización morfométrica de la cuenca de Mallorquín y las subcuencas se realizó la delimitación de las áreas, perímetros, cálculo de pendientes de las subcuencas, y se calcularon las longitudes y pendientes de sus cauces principales. A partir de ello, se obtuvieron los diferentes parámetros, como el diámetro equivalente y el coeficiente de compacidad.

La cuenca de Mallorquín tiene un área total de 300.78 Km². La subcuenca con mayor área es la del Arroyo León/ Arroyo Hondo con 100 Km² en la cual se encuentra contenida el área parte del metropolitana de Barranquilla; y la de menor área aportante es la subcuenca del Cisne con 16.9 Km². La pendiente más alta por subcuenca fue la de la subcuenca del Cisne con 11.1%; y la menor fue la Arroyo León 4.6%.

EL cauce más largo medido entre las subcuencas corresponde al Arroyo Grande (ubicado en la cuenca del mismo nombre) el cual posee una longitud de 37.9km y que recorre la subcuenca de sur a norte. Los siguientes cauces más largos corresponden a los arroyos León y Granada con 24.7 y 24.5 Km respectivamente.



Los coeficientes de compacidad de las subcuencas están entre 1.4 y 2.1, lo que marca una tendencia alargada en ellas. Entre mayor es el coeficiente de compacidad más alejada esta la cuenca a una forma circular. La subcuenca con mayor coeficiente de

compacidad es Arroyo Grande; y la subcuenca menor coeficiente de compacidad es la del Cisne (Tabla 3-4).

Tabla 3-4. Características morfométricas de la cuenca Mallorquín

Subcuenca	Área (km ²)	Pend. Prom. cuenca (%)	Long. Cauce (km)	Pend. Prom. Cauce (%)	Diámetro Equivalente (km)	Coef. de Compacidad (Kc)
Cisne	16.87	14.1	5.3	11.1	4.6	1.4
Arroyo León / Arroyo Hondo	100.36	7.1	24.7	4.6	11.3	1.5
Arroyo Granada/San Luis	76.18	12.2	24.5	9.7	9.9	1.5
Baja /Plano Costero	38.07	7.3	6.2	6.1	6.8	1.7
Arroyo Grande/Orientas I C. Pan de Azúcar	64.77	10.6	37.9	7.8	9.1	2.1
Perdida Cantera	4.51	12.4	1.02	3.7	1.5	1.9

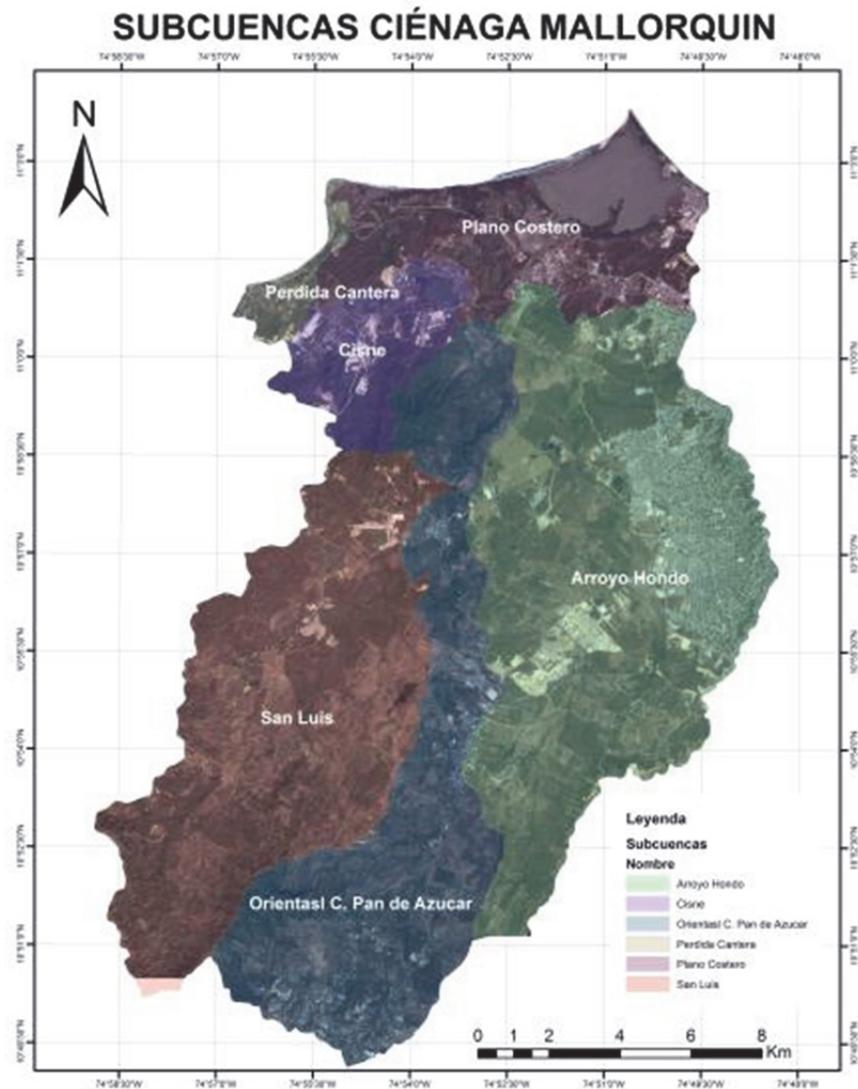


Figura 3-14. Cuenca y Subcuencas de la Ciénaga de Mallorquín.

Fuente: Elaboración propia.

3.1.2.1.3. Relieve

El relieve de la cuenca es mixto, está compuesto por 62% zonas de planicies y 38% de las zonas onduladas que se van empinando en las cercanías de las divisorias de aguas. Dentro de la primera tipología (planicies), se distinguen 2 unidades: La primera se encuentra al alrededor de la ciénaga de Mallorquín y se extiende unos 5Km hasta Punta Roca (al costado occidental de la ciénaga) incluyendo la Ciénega de los Manatíes; y la segunda forma el cuerpo principal de la cuenca y tiene inicio aguas arriba de ligero estrechamiento en donde confluyen los arroyos Grande y Hondo (León).

Sobre la segunda planicie discurre los principales afluentes del arroyo Grande: El arroyo Granada y arroyo Hondo. El Arroyo Granada nace en las lomas de la Pernoilla y Santa Rosa en las proximidades de la Tubará y el Arroyo Hondo (León) nace en la loma de la Sierra en las proximidades de los cascos urbanos de Galapa y Caracolí.

3.1.2.1.4. Red de drenaje

La red de drenaje de la cuenca de Mallorquín corresponde a una patrón dendrítico (sistema ramificado), de corrientes efímeras, predominando tributarios de corta longitud y corrientes principales alargadas.

La red de drenaje se puede subdividir en dos componentes principales: un drenaje rural, que conforma la mayor parte de la cuenca hidrográfica, un drenaje urbano, al costado oriental de la cuenca, que recibe las descargas del sector oeste de la ciudad de Barranquilla.

El cauce principal de la cuenca lo compone en su mayor parte el arroyo Grande, el cual tiene dos afluentes importantes: el arroyo Granada proveniente de la subcuenca San Luis y el arroyo Hondo (o León) proveniente de la subcuenca con el mismo nombre. La red de tributarios del arroyo Granada está compuesta por el arroyo San Luis que tiene origen cerca de Tubará, el arroyo Blanco que desemboca en el San Luis y los efluentes de la ciénaga El Salado que bajan de la Loma La Trampa. Los arroyos Granda y Grande son cauces intermitentes que transitan agua en respuesta de un evento de precipitación.

Por su parte el arroyo Hondo está compuesto por el arroyo Caña que nace en la loma de La Sierra y el arroyo santo Domingo. Además el arroyo Hondo recibe descargas del drenaje pluvial del sector occidental de Barranquilla y las aguas residuales provenientes de la planta de tratamiento. El arroyo Hondo mantiene un caudal más o menos constante en la época de verano.

El drenaje urbano del occidente de Barranquilla que vierte sus aguas al arroyo Santo Domingo cuenta con algunos canales revestidos en concreto, en piedra pegada y otros sin ningún tipo de revestimiento. Dentro del área urbana no se reconoce ningún plan de manejo sobre las redes de drenaje pluvial que desembocan sobre el arroyo Santo Domingo. Las condiciones actuales de esta red de drenaje corresponden a trabajos aislados impulsados por las necesidades de las comunidades de la zona aledaña.



Figura 3-15. Perfil del Arroyo León



Figura 3-16. Cauce de Arroyo Grande



Figura 3-17. Cauce del arroyo Granada.

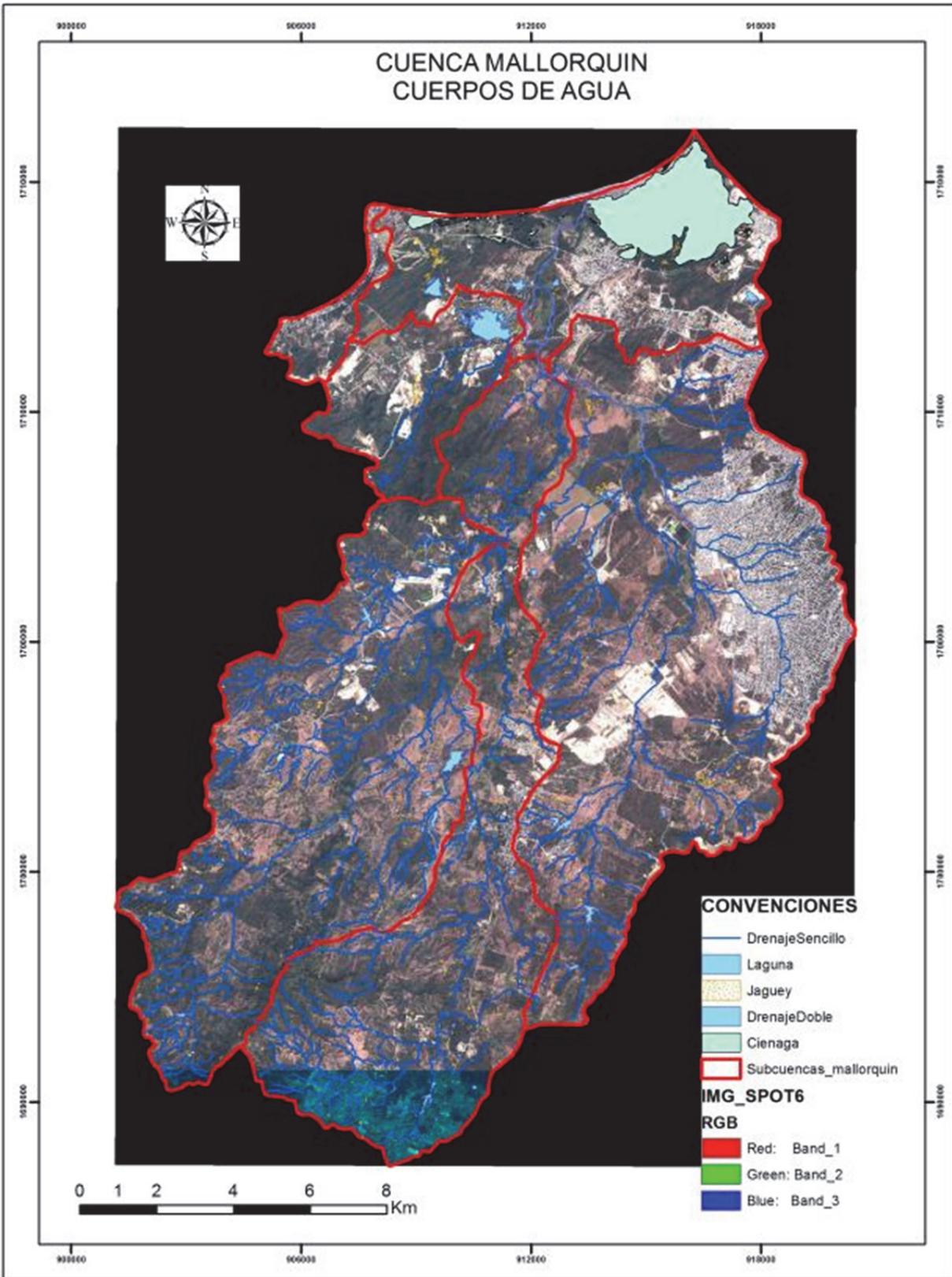


Figura 3-18. Red de drenaje Cuenca de Mallorca.
Fuente: Elaboración propia con Imagen SPOT 6.

3.1.2.1.5. Tiempo de concentración

El cálculo del tiempo de concentración de una cuenca es fundamental en la cuantificación, distribución espacial y temporal de la escorrentía superficial. Por definición el tiempo de concentración, es el tiempo que la lluvia que cae en el punto más distante de la corriente de agua de una hoya toma para llegar a una sección determinada en una corriente hídrica. Para el cálculo del tiempo de concentración se utilizó la ecuación de Williams (1922) para áreas inferiores a 12950Ha. Esta ecuación está dada como:

$$tc = \frac{60LA^{0.4}}{DS^{0.2}}$$

Dónde:

Tc = Tiempo de concentración de la cuenca (min)

A = Área de la cuenca en (mi²)

L = Longitud del canal dese aguas arriba hasta la salida (pies)

S = Pendiente promedio de la cuenca (pies/pies)

D = Diámetro Equivalente (mi)

Teniendo en cuenta la teoría anterior y las características morfométricas de las cuencas, se determinaron los tiempos de concentración y de retardo. El tiempo de retardo o lag time, se calcula como Tp=0.6Tc (hr) según un estudio de los hidrogramas unitarios de muchas cuencas rurales grandes y pequeñas (Ven Te Chow). Si el tiempo de concentración es menor a 10 min, se asignará 10 min.

En la Tabla 3-5 se exponen los tiempos de concentración y lag time.

Tabla 3-5. Tiempos de concentración de las cuencas.

SUBCUENCA	WILLIAMS TC (min)
Cisne	86
Arroyo León / Arroyo Hondo	382
Arroyo Granada/San Luis	349
Baja /Plano Costero	105
Arroyo Grande/Orientas I C. Pan de Azúcar	566
Perdida Cantera	19

Fuente: Elaboración propia

3.1.2.1.6. Condición hidrológica del suelo

☛ Porcentajes de áreas impermeables y permeables

La determinación de los porcentajes de áreas impermeables y permeables en las subcuencas de Mallorca fue realizado teniendo en cuenta el shp de coberturas de uso actual (Figura 3-10), determi-

nados a partir de la imagen SPOT 6. Estos porcentajes nos dan una aproximación gruesa del estado de la cuenca. Se consideraron los usos de vivienda, industria y comercio, y Minería como zonas impermeables. Y los usos de agricultura tradicional y protección; protección y conservación; y Ganadería, con pastoreo semi-intensivo o intensivo, recuperación como zonas permeables. Este análisis se realizó para cada una de las subcuencas de Mallorca, y en la Tabla 3-6 se presentan los resultados.

Tabla 3-6. Calculo del % impermeable y permeable de las subcuencas de Mallorca.

SUBCUENCA	COBERTURA USO	
	% PERM	%IM-PERM
Cisne	80	20
Arroyo León / Arroyo Hondo	75	25
Arroyo Granada / San Luis	98	2
Baja / Plano Costero	69	31
Arroyo Grande / Oriental C. Pan de Azúcar	91	9
Perdida Cantera	52	48

☛ Determinación de número de curva (CN)

El número de Curva (CN) es un coeficiente utilizado para la determinación de la porción de la precipitación recibida por una cuenca que no se infiltra y se convierte en precipitación efectiva. La precipitación efectiva es la lámina de agua que al acumularse en las zonas bajas de la cuenca forma los cauces de la misma.

La determinación del CN depende la tipología del suelo, a la cual el método llama Grupo Hidrológico, y de las características asociadas a la cobertura y calidad de la misma para las cuales el método ha generado tablas detalladas.

Para el caso de la cuenca del Mallorca se utilizó la información de Tipo de Suelo para establecer una aproximación a la clasificación del Grupo Hidrológico por subcuenca. Una vez identificados los grupos hidrológicos, ver mapa Figura 3-19, se utilizó la imagen satelital SPOT 6 y la información cartográfica sobre la Cobertura de Uso Actual (Figura 3-10) para establecer los respectivos CN. En la Tabla 3-7 se presentan los CN ponderados por subcuenca.

Tabla 3-7. CN ponderados por subcuenca.

SUBCUENCA	NUMERO DE CURVA (CN)
Cisne	47
Arroyo León / Arroyo Hondo	60
Arroyo Granada/San Luis	48
Baja /Plano Costero	56
Arroyo Grande/Orientas I C. Pan de Azúcar	53

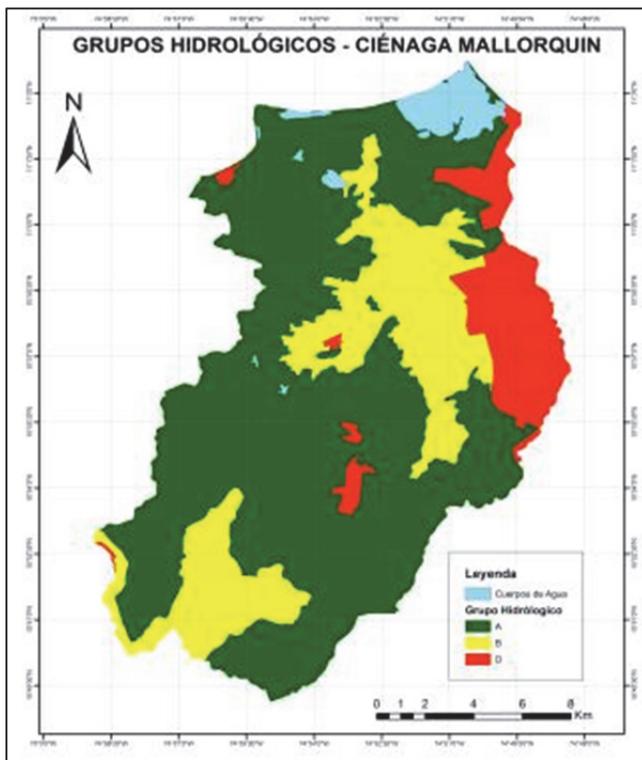


Figura 3-19. Grupo hidrológico de la Cuenca Mallorquín.

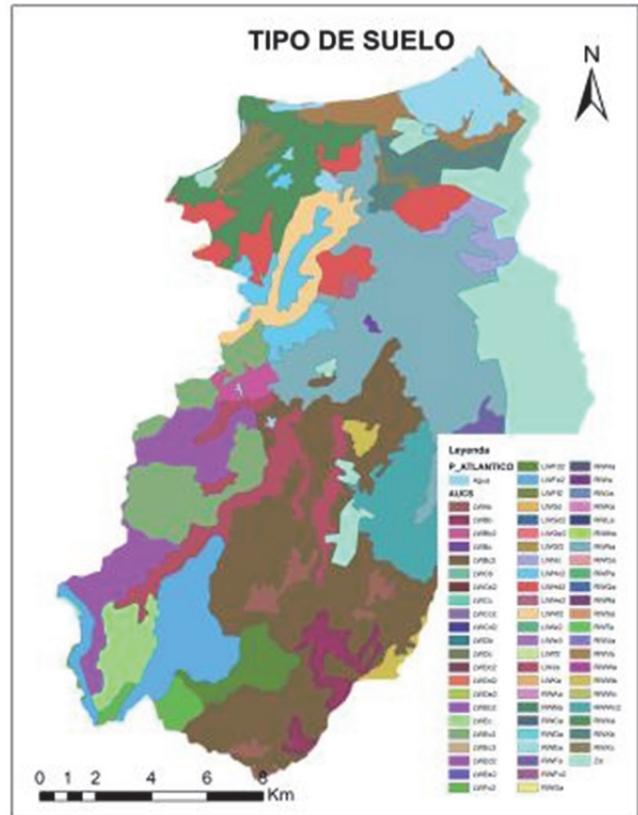


Figura 3-20. Tipos de Suelo. Fuente: IGAC, 2007.

Red de estaciones hidrometeorológicas del IDEAM.

Para el análisis de lluvias que aportan a la cuenca en estudio, se aprovechó la base de datos de la red de estaciones del IDEAM en el departamento del Atlántico, que se encuentran en el área de influencia directa e indirecta y podrían ser utilizadas para representar la distribución espacial de la precipitación en el área de estudio. Para identificar las estaciones y su área aportante sobre la cuenca, se utilizó el método de los polígonos de Thiessen. (Figura 3-21)

Se identificaron 6 estaciones IDEAM que podrían representar la distribución espacial de la precipitación sobre la cuenca Mallorquín: Las Flores, Aeropuerto Ernesto Cortissoz, Polonuevo, Usiacurí, Juan de Acosta y Puerto Colombia.

La serie de precipitación se analizó en un periodo de tiempo entre 1980-2011 (acorde con la información que se dispone). Al procesar la información hidrológica se encontraron periodos de tiempo para las cuales no se tenía registro (Tabla 3-8). Los años 1988 y 1989 la información era escasa en casi todas las estaciones de la zona de estudio y que fue necesario omitirlos.

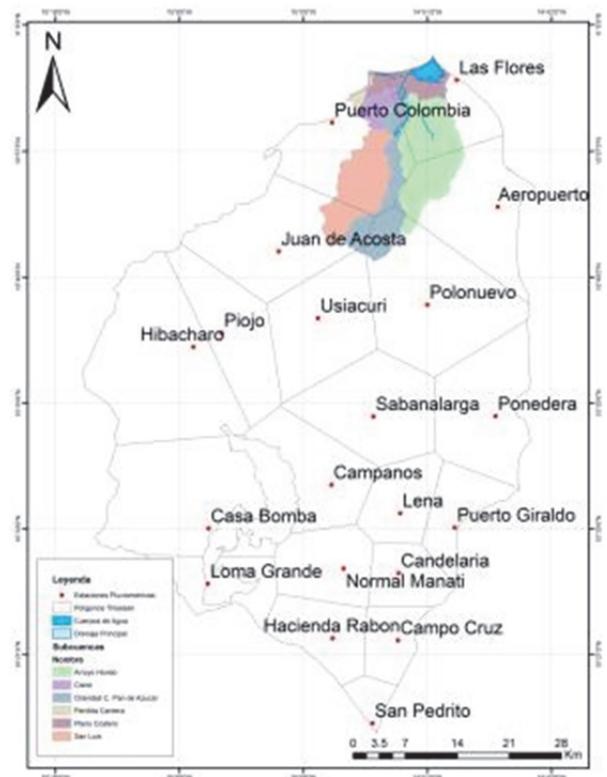


Figura 3-21. Polígonos de Thiessen sobre la red meteorológica del Departamento – Subcuencas de Mallorquín.

MES	SUBCUENCA					
	SAN LUIS	ORIENTAL C. PAN DE AZÚCAR	ARROYO HONDO	CISNE	P CANTERA	PLANO COSTERO
Agosto	174.76	180.69	158.65	164.85	165.7	156.17
Septiembre	147.55	151.04	149.33	138.85	138.43	143.15
Octubre	189.15	193.31	176.75	182.43	183.31	173.59
Noviembre	122.66	124.94	112.9	113.63	112.59	124.2
Diciembre	35.82	37.28	37.93	33.35	32.79	38.99

- *Precipitación diaria*

Análogamente se implementaron las ponderaciones de las estaciones por subcuencas para calcular los datos diarios de precipitación para cada una. Los resultados por subcuenca se presentan a continuación:

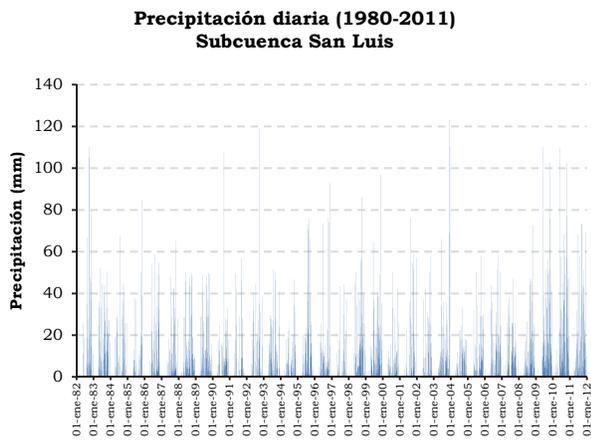


Figura 3-22. Subcuenca San Luis. Precipitación diaria (mm) - 1980-2011. Nota: No incluye precipitación de los años 1988 y 1989.

Fuente: Elaboración propia.

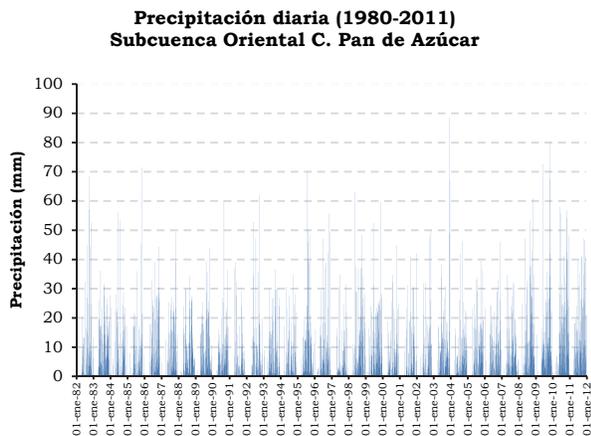


Figura 3-23. Subcuenca Oriental C. Pan de Azúcar. Precipitación diaria (mm) - 1980-2011. Nota: (*) No incluye precipitación de los años 1988 y 1989.

Fuente: Elaboración propia.

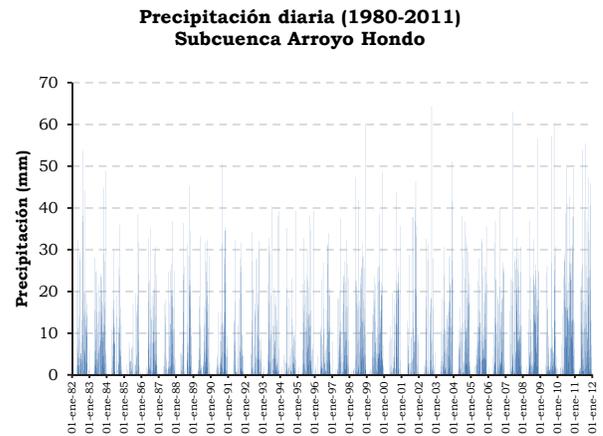


Figura 3-24. Subcuenca Arroyo Hondo. Precipitación diaria (mm) - 1980-2011. Nota: No incluye precipitación de los años 1988 y 1989.

Fuente: Elaboración propia.

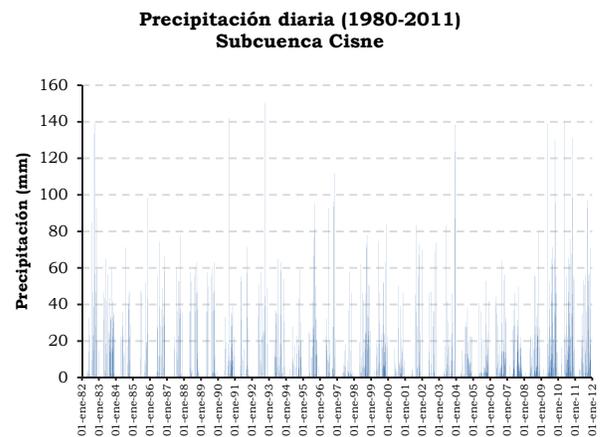


Figura 3-25. Subcuenca Cisne. Precipitación diaria (mm) - 1980-2011 (*). Nota: (*) No incluye precipitación de los años 1988 y 1989.

Fuente: Elaboración propia.

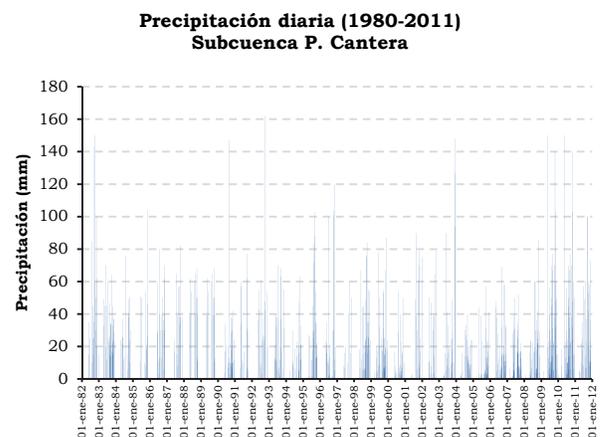


Figura 3-26. Subcuenca P Cantera. Precipitación diaria (mm) - 1980-2011 (*). ta: (*) No incluye precipitación de los años 1988 y 1989

Fuente: Elaboración propia.

**Precipitación diaria (1980-2011)
Subcuenca Plano Costero**

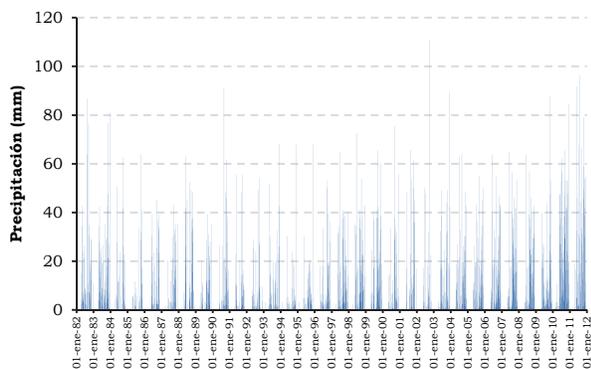


Figura 3-27. Subcuenca Plano Costero. Precipitación diaria (mm) - 1980-2011 (*). Nota: (*) No incluye precipitación de los años 1988 y 1989.

Fuente: Elaboración propia.

Se revisó el comportamiento de la serie diaria. En esta se extrajo los valores máximos, mínimos y promedios entre los días con precipitación y se pudo observar que la subcuenca con el mayor valor de precipitación diaria y mayor valor promedio era Perdida Cantera. Los valores mínimos en el registro de lluvias diarias es de 1.00 mm. Adicionalmente, se determinó el coeficiente de variación para todas las subcuencas. Los cuales son mayores a 0,3, indicando que la distribución espacial de los eventos de lluvia posee una alta variabilidad (Tabla 3-12)

Tabla 3-12. Resumen valores de precipitación diaria por subcuenca, año

Precipitación diaria	San Luis/ Granada	Oriental C. Pan de Azúcar/ Grande	Arroyo Hondo/ León	Cisne	Pérdida Cantera	Plano Costero
Máxima	123.28	88.66	64.40	150.17	162.00	0.18
Media	9.88	5.82	6.54	11.47	24.26	11.51
Mínima	0.27	0.01	0.03	0.07	1.00	0.18
Coficiente De Variación	3.47	2.48	2.62	4.39	4.65	3.60

3.1.2.2.2. Temperatura

Para el cálculo de la temperatura se tuvo en cuenta la información de las estaciones: Aeropuerto E.C, Las Flores y Juan Acosta. Acorde con ellas se determinó que la temperatura promedio mensual en el área de estudio oscila entre 26.9-28.26°C. Los valores mínimos se presentan en los meses de Enero y Febrero; y los valores máximos se presentan entre Mayo y Agosto. El valor máximo promedio de la temperatura media mensual se presenta en la

estación de las Flores con un valor alrededor de 28.43°C. A continuación se presentan los promedios mensuales de temperatura por estaciones IDEAM (Tabla 3-13).

Tabla 3-13. Promedios mensuales de temperatura por estaciones IDEAM.

Estación	Las Flores	Aeropuerto E.C.	Juan Acosta	Promedio
Enero	26.74	26.67	27.24	26.88
Febrero	26.64	26.77	27.37	26.93
Marzo	26.93	27.17	27.65	27.25
Abril	27.45	27.71	28.12	27.76
Mayo	28.18	28.2	28.07	28.15
Junio	28.43	28.24	28.11	28.26
Julio	28.19	28.05	28.12	28.12
Agosto	28.25	28.04	28.09	28.13
Septiembre	28.16	27.76	27.65	27.86
Octubre	28.02	27.35	27.42	27.60
Noviembre	27.98	27.46	27.46	27.63
Diciembre	27.28	27.13	27.39	27.27

Temperatura Estaciones IDEAM (1980-2011)

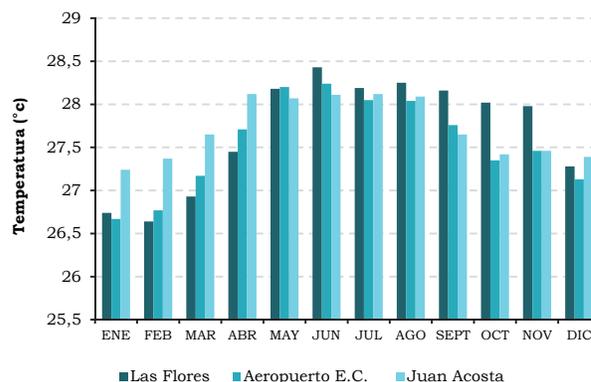


Figura 3-28. Promedios mensuales de temperatura por estaciones IDEAM.

3.1.2.2.3. Evapotranspiración potencial

Para determinar la evapotranspiración se utilizó metodología de Thornthwaite (1948) con los datos promedio mensuales de temperatura para el área de estudio.

En el planteamiento de Thomthwaite (1948) la evapotranspiración potencial red proporcional a la temperatura media afectada por un coeficiente exponencial a. La fórmula de Thomthwaite se expresa como:

$$ETP = 16 \left(\frac{10 Tm}{I} \right)^a$$

Donde:

ETP: Evapotranspiración mensual sin ajustar en mm

Tm: Temperatura media mensual en °C

I: Índice de Calor Anual

$$I = \sum I_j, \dots, \times 12$$

Que se calcula a partir del índice de calor mensual, i, como suma de los doce índices de calores mensuales:

$$I_j = \left(\frac{tm}{5}\right)^{1.514}$$

a= parámetro que se calcula en función de I según la expresión:

$$a = 0.000000675I^3 - 0.0000771I^2 + 0.0179I + 0.49239$$

El cálculo de la ETP debe ser corregido ajustando el valor de

$$RTP_{Tho} = ETP \times L$$

Donde:

ETP = Evapotranspiración mensual sin ajustar en mm

L = Factor de corrección del número de días del mes (Ndi) y la duración astronómica del día Ni - horas sol-.

$$L_i = \frac{N d_i \cdot N_i}{30 \cdot 12}$$

Los resultados pueden observarse en la Tabla 3-14 y la Figura 3-29. Los mayores valores se presentan durante el mes de julio con valores de 179.2 mm.

Tabla 3-14. Departamento del Atlántico. Evapotranspiración Potencial (ETP).

Mes	Temperatura (°C)	Índice Calórico	Coef. a	Evapotranspiración Etp (mm)	Corrección por latitud	ETP ajustada por latitud (mm)
Ene	26.9	12.8	4.1	137.7	1.0	136.3
Feb	26.9	12.8	4.1	138.6	0.9	126.1
Mar	27.3	13.0	4.1	145.6	1.0	150.0
Abr	27.8	13.4	4.1	157.3	1.0	160.4
May	28.2	13.7	4.1	166.6	1.1	178.3
Jun	28.3	13.8	4.1	169.3	1.1	177.8
Jul	28.1	13.7	4.1	165.9	1.1	179.2
Ago	28.1	13.7	4.1	166.1	1.1	176.0
Sep	27.9	13.5	4.1	159.6	1.0	159.6
Oct	27.6	13.3	4.1	153.5	1.0	155.0
Nov	27.6	13.3	4.1	154.3	1.0	148.2
Dic	27.3	13.0	4.1	146.0	1.0	143.1

Fuente: Elaboración Propia.

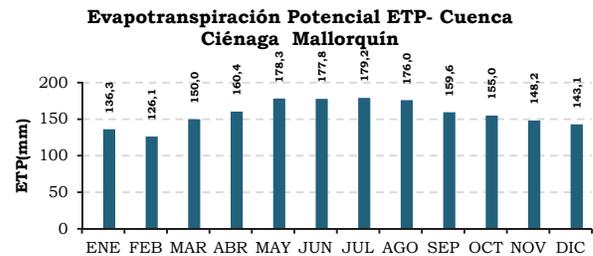


Figura 3-29. Evapotranspiración Potencial ETP. Cuenca Ciénaga Mallorca. Fuente: Elaboración Propia.

3.1.2.2.4. Modelo lluvia escorrentía

El sistema de drenaje que compone la red hidrográfica de la cuenca de Mallorca, está compuesta por una serie de corrientes efímeras, es decir son cauces que solo presentan escorrentía durante los eventos lluviosos, por tanto se presenta una gran variabilidad en el comportamiento temporal y espacial de los caudales que discurren a través de esta cuenca.

Por otra parte, en la zona de estudio no existen estaciones de medición de niveles y caudales, por tanto no se cuentan con registros para realizar una caracterización directa de la escorrentía a través de la cuenca de Mallorca. Debido a lo anterior, los caudales deben ser estimados a partir de datos de lluvia.

Para la determinación de la escorrentía se utilizó el modelo de lluvia-escorrentía HEC-HMS del Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos, al cual le fueron ingresados los valores diarios de precipitación y la evapotranspiración mensual; y se calcularon los valores diarios de escorrentía esperados para cada subcuenca que compone la cuenca del Mallorca. La configuración de la red de drenaje de las subcuencas se presenta en la Figura 3-30.

Los resultados del modelo lluvia - escorrentía superficial, para cada subcuenca se presentan en la Figura 3-31 a la Figura 3-36.



Figura 3-30. Modelo lluvia- escorrentía en HEC-HMS.

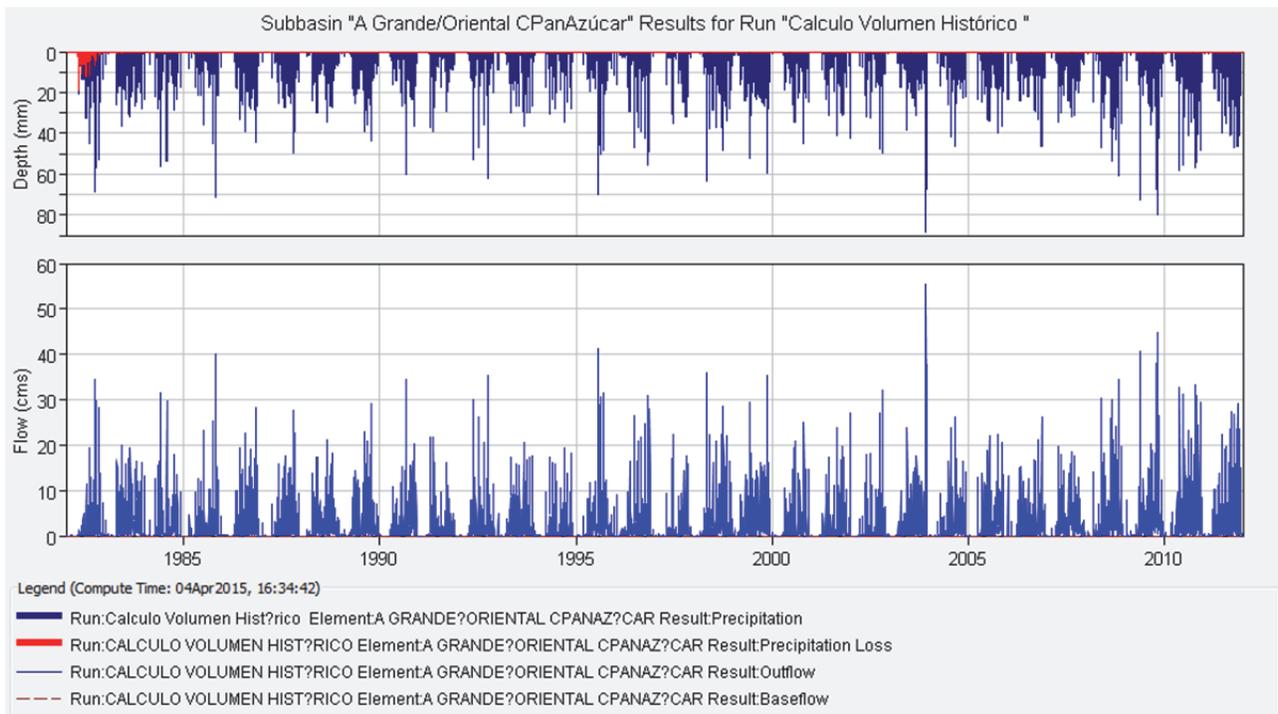


Figura 3-31. Subcuenca Arroyo Grande/Oriental C. Pan Azúcar - Caudales diarios (m³/s) - 1980-2011 (*)

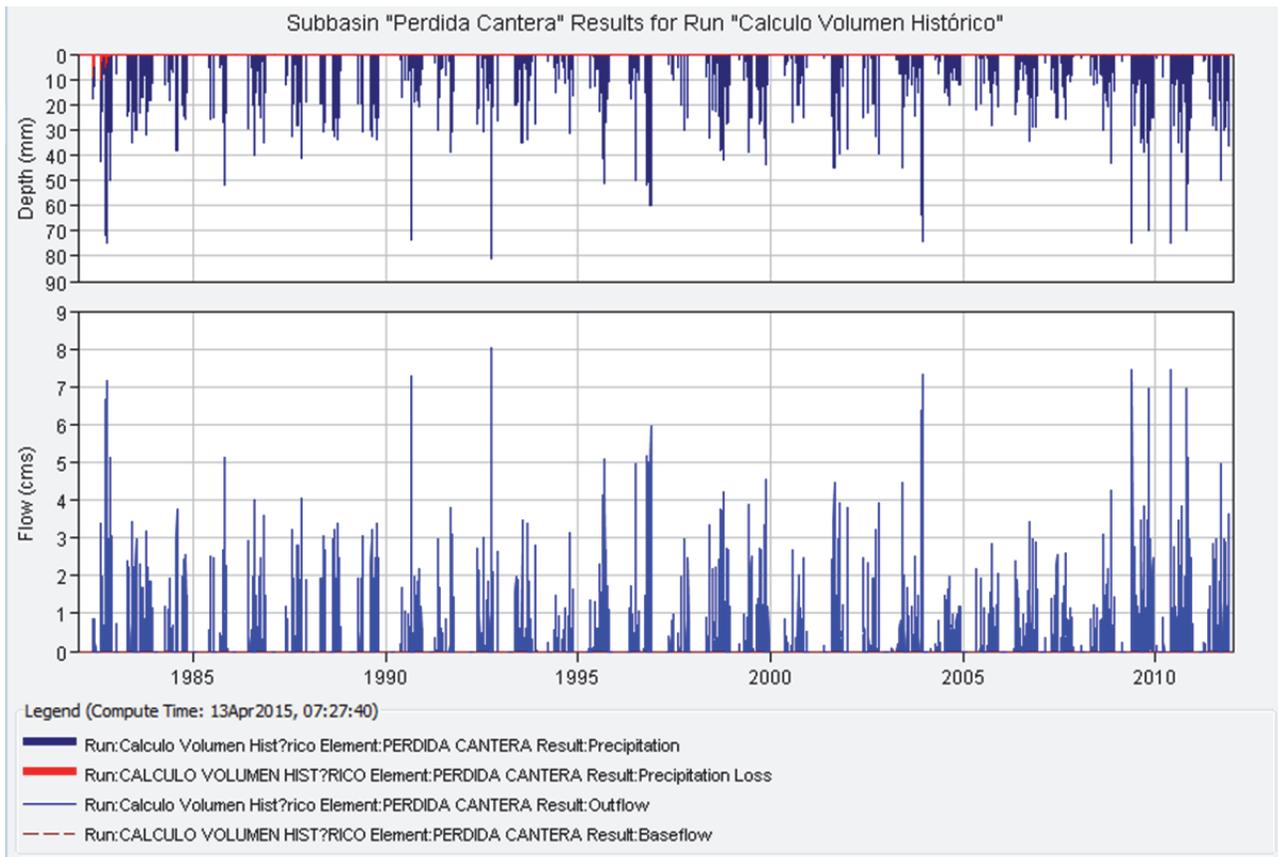


Figura 3-32. Subcuenca Perdida Cantera- Caudales diarios (m³/s) - 1980-2011 (*)

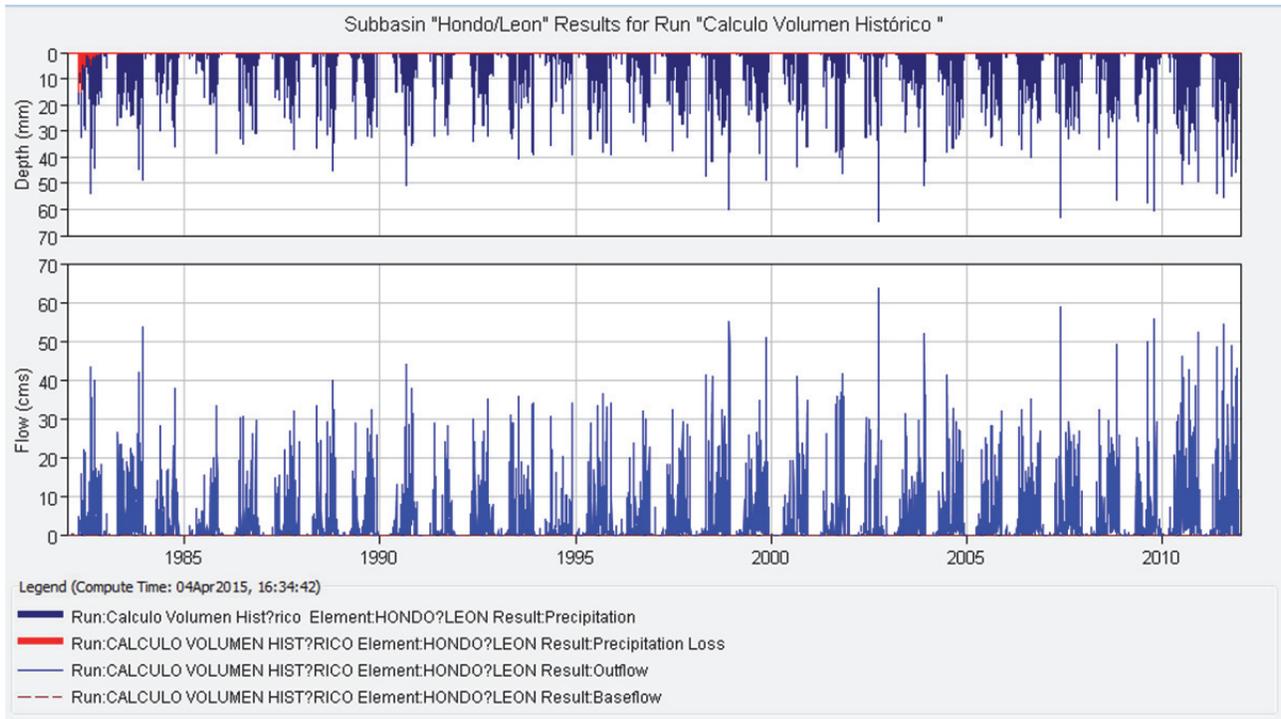


Figura 3-33. Subcuenca Arroyo Hondo/ León- Caudales diarios (m³/s) - 1980-2011 (*)

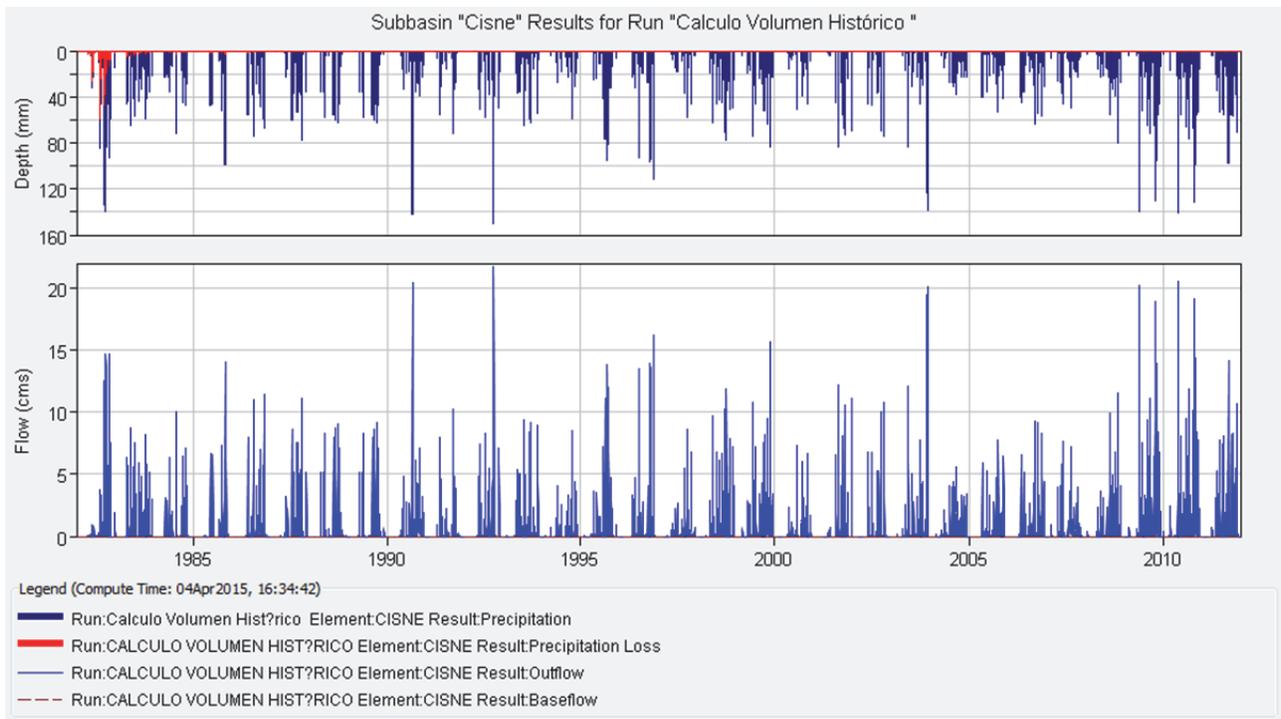


Figura 3-34. Subcuenca Cisne - Caudales diarios (m³/s) - 1980-2011 (*)

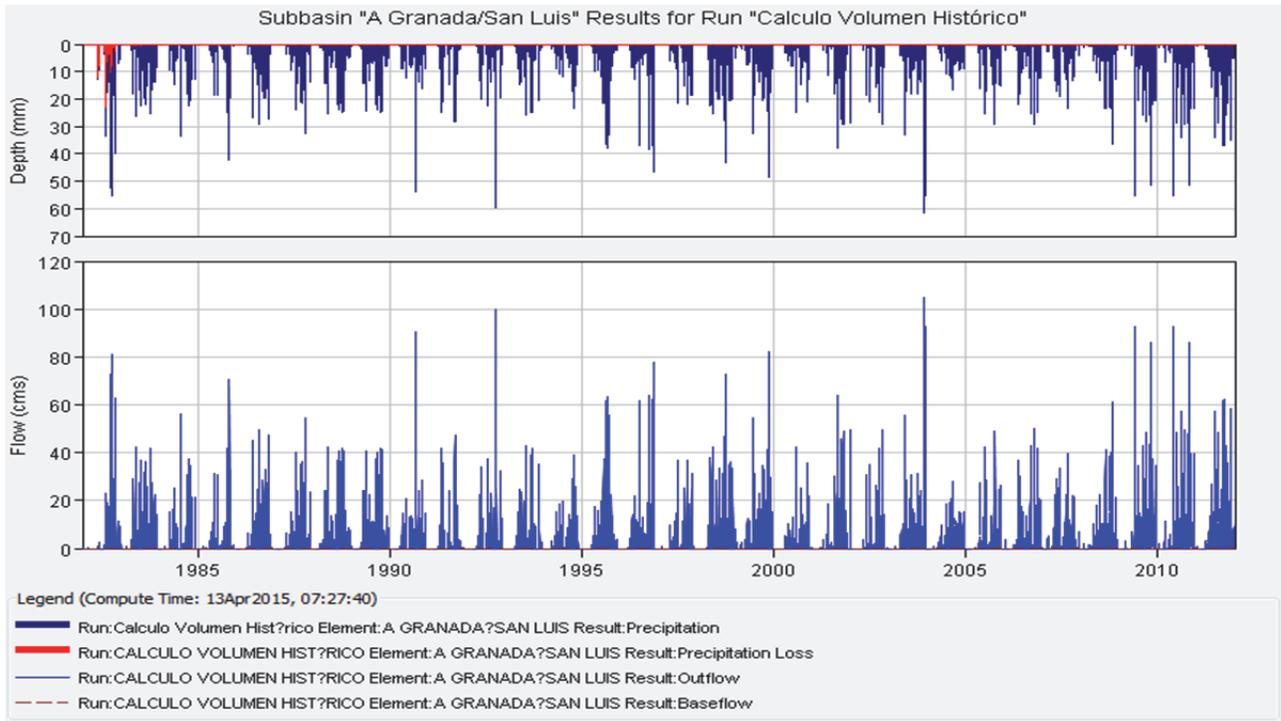


Figura 3-35. Subcuenca Arroyo Granada/San Luis - Caudales diarios (m^3/s) - 1980-2011 (*)

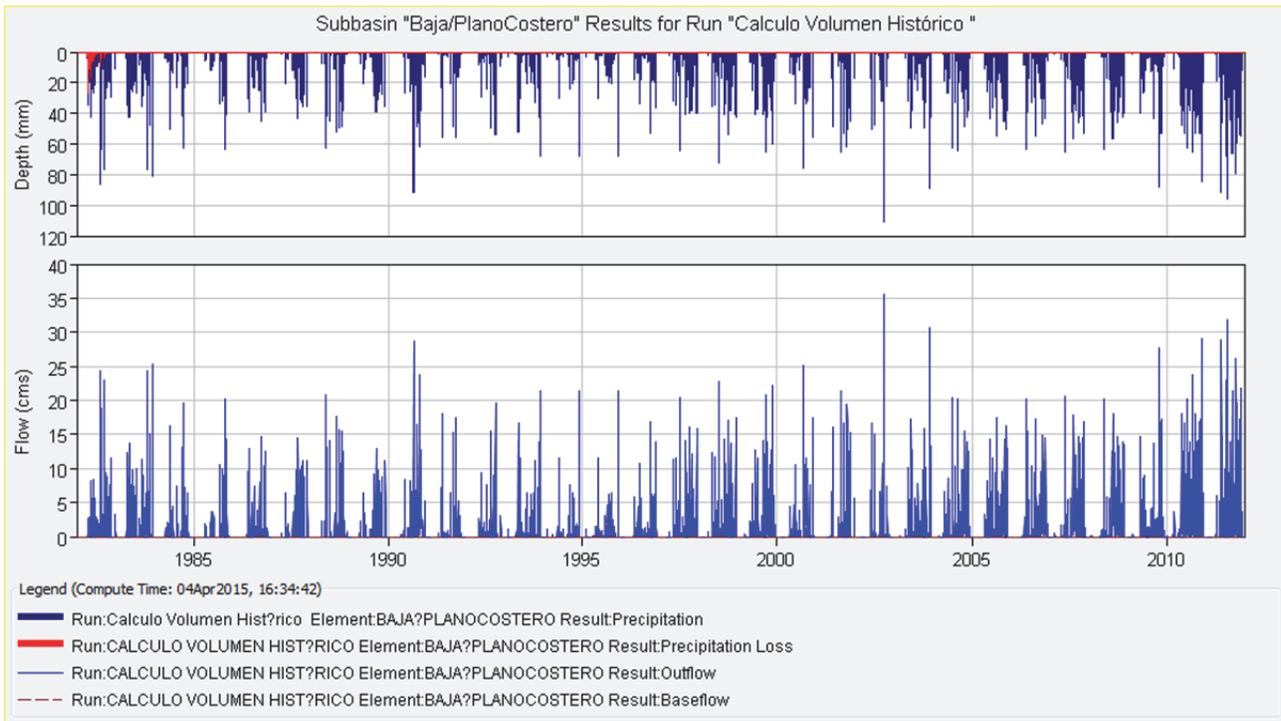


Figura 3-36. Subcuenca Plano Costero - Caudales diarios (m^3/s) - 1980-2011 (*)

De acuerdo con los caudales instantáneos generados en cada una de las subcuencas, se puede observar que en la confluencia del Arroyo Grande se pueden presentar caudales máximos diarios del orden de 50 m³/s, en la confluencia de la subcuenca Perdida Cantera de 7.0 m³/s, en la confluencia de Arroyo Hondo/León de 60 m³/s, en la subcuenca del Cisne de 20 m³/s, en la subcuenca Arroyo Granada/San Luis de 100 m³/s y en la subcuenca Plano Costero del orden de 35 m³/s.

De otro lado, en general se aprecia que existe un aporte de caudales superficiales importantes durante el periodo de lluvias, pero dichos caudales no son aprovechables, dado su carácter instantáneo y la mínima capacidad de almacenamiento que tiene la cuenca de Mallorquín. Por tanto, aunque existe disponibilidad de recurso hídrico durante el periodo de lluvias, este volumen de precipitación neta (Escurrimiento) no es posible aprovecharlo en actividades productivas, todo el volumen de escorrentía confluye a la ciénaga de Mallorquín que finalmente es vertido al mar Caribe.

De acuerdo con lo anterior, la disponibilidad y aprovechamiento del recurso hídrico, dependerá de los planes futuros que determinen la factibilidad técnica - económica y ambiental de sistemas de regulación y almacenamiento de la cuenca de Mallorquín por medio de estructuras hidráulicas artificiales (intervención antrópica).

El volumen total de escorrentía superficial para cada subcuenca obtenido del modelo hidrológico HMS, se presenta en la Tabla 3-15. De allí se puede observar que los mayores volúmenes de escorrentía son generados en las subcuencas A Hondo, San Luis y Orientas C Pan Azúcar, con valores de 2.519 x 10⁹, 1.981 x 10⁹ y 1,917 x 10⁹ m³ respectivamente; asimismo el menor volumen de escorrentía generado corresponde la subcuenca de Perdida Cantera con un valor de 1.06 x 10⁶ m³.

La oferta hídrica anual se calculó dividiendo el volumen de escorrentía obtenido entre los 29 años de registro de precipitación. La mayor oferta hídrica la posee la subcuenca de Oriental - C. Pan Azúcar con un valor de 8.69x10⁷ m³/año y la menor oferta hídrica la posee la subcuenca de Plano Costero con un valor de 3.66x10⁷ m³/año. Además de la oferta hídrica, fue calculado el rendimiento máximo de la escorrentía superficial de las subcuencas. Para este valor se tuvo en cuenta los volúmenes de escorrentía y las áreas de cada subcuenca. Los valores de rendimiento máximos de escorrentía superficial para las subcuencas estuvo entre 0.26-0.32 l/s-ha. El máximo valor lo presento la subcuenca Oriental C. Pan Azúcar y el mínimo valor las subcuencas Cisne y Plano Costero.

Tabla 3-15. Resultados Volumen de escorrentía superficial Subcuencas Mallorquín.

Subcuenca	Área (km ²)	Volumen de escorrentía superficial de la cuenca entre 1980-2011 (1000 m ³)	Oferta 1000 (m ³ /año)	Rendimiento Máximo escorrentía superficial de la cuenca (l/s-ha)
Arroyo Grande/Oriental C Pan Azúcar	64.77	1,917,823.40	66131.8	0.32
Arroyo Granada/San Luis	76.18	1,981,685.90	68334	0.28
Arroyo Hondo/León	100.36	2,519,019.10	86862.7	0.27
Cisne	16.87	396,236.60	13663.3	0.26
Baja/Plano Costero	38.07	870,678.70	30023.4	0.26
Perdida Cantera	4.51	106,199.00	3662	0.26

3.1.2.3. Análisis de la amenaza asociada a las variables hídricas

Para el análisis de riesgos de una cuenca hidrográfica se requiere de la evaluación cartográfica de amenazas y vulnerabilidad. Como fase preliminar para adelantar este análisis, se debe estudiar cada uno de los eventos amenazantes. Con relación al riesgo hídrico, se analizará la amenaza por avenidas o probabilidad de ocurrencia de caudales extremos, que podrían presentarse a través del sistema de drenaje o red hidrográfica de la cuenca, los cuales también se asocian al riesgo de inundaciones.

3.1.2.3.1. Caudales Extremo en la cuenca Mallorquín

Para efectos de evaluar la amenaza por inundaciones en la cuenca de Mallorquín, se realizó el cálculo de caudales extremos en cada una de las subcuencas, a los cuales se asoció una probabilidad de ocurrencia en términos del Periodo de Retorno. Para este efecto, se realizó un análisis estadístico a la serie de lluvias máximas y se determinó la tormenta sintética respectiva a partir de las curvas IDF, obteniéndose el respectivo hidrogramas sintético.

Para el cálculo de los caudales pico en la Cuenca de Mallorquín se empleó el método SCS, y se utilizaron hidrogramas sintéticos para los distintos periodos de retorno (2,5,10,25,50 y 100 años). El cálculo de

los caudales pico se realizó para las cuencas de Arroyo Grande, Granada, León y Cisne. Los cuales forman el sistema que desemboca en la Ciénaga de Mallorquín. Y se emplearon las características morfométricas de las subcuencas determinadas en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

☛ *Curva de intensidad duración frecuencia (idf)*

Para el cálculo de las curvas IDF se adoptó el método simplificado propuesto por el Manual de Drenaje de Carretera del Instituto Nacional de Vías, el cual se debe llevar a cabo siempre y cuando no se disponga de datos históricos de precipitación de corta duración (datos pluviográficos), como es el caso del proyecto en ejecución.

En el análisis presentado en el Manual de Drenaje de Carretera del Instituto Nacional de Vías, se presentan curvas intensidad - duración - frecuencia por correlación con la precipitación máxima promedio anual en 24 horas, el número promedio de días de lluvia al año, la precipitación total media anual y la elevación de la estación. La forma de la curva IDF propuesta es la que se muestra a continuación:

$$i = \frac{aT^b M^d}{\left(\frac{t}{60}\right)^c}$$

Dónde:

I: Intensidad de precipitación en mm/hr.

T: Periodo de retorno en años

M: Precipitación máxima promedio anual en 24 h a nivel multianual

t: Duración de la lluvia en minutos (min)

a,b,c,d : Coeficientes de ajuste para las cuatro regiones en las que se dividió el país según el manual del INVIAS.

La Tabla 3-16 muestra los valores de los coeficientes a, b, c y d para el cálculo de las curvas intensidad-duración-frecuencia, IDF, para Colombia. Se toman los coeficientes de la región Caribe, donde está localizada la cuenca de Mallorquín.

Tabla 3-16. Valores de los Coeficientes a, b, c y d.

REGIÓN	a	b	c	d
Andina (R1)	0,94	0,18	0,66	0,83
Caribe (R2)	24,85	0,22	0,50	0,10
Pacífico (R3)	13,92	0,19	0,58	0,20
Orinoqíia (R4)	5,53	0,17	0,63	0,42

Basado en ésta información, se calculó una IDF ponderada por subcuencas teniendo en cuenta la influencia de las estaciones IDEAM (Thiessen).

☛ *Curva de intensidad duración frecuencia (IDF) cuenca Arroyo Grande/oriental*

Para la construcción de la curva IDF se utilizaron los datos de las estaciones IDEAM Aeropuerto, Las Flores, Polo Nuevo, Puerto Colombia, Juan de Acosta y Usiacurí entre 1980 – 2011. Con el promedio de los máximos anuales de cada estación se determinó un promedio ponderado teniendo en cuenta los polígonos de Thiessen, ver Tabla 3-17.

Tabla 3-17. Promedio de los máximos anuales Cuenca Arroyo Grande/Oriental

	AEROPUERTO	LAS FLORES	POLO NUEVO	PTO. COLOMBIA	JUAN DE ACOSTA	USIACURI
Porcentaje Thiessen (A)	1.7	5.8	35.6	37.8	17.8	1.2
Promedio máximos anuales (B)	83	80	93	101	79	79
A*B	1.4	4.6	33.1	38.0	14.1	0.9
Prom Ponderado Σ A*B						92.2

Basados en el promedio ponderado de la precipitación máxima anual en 24 horas a nivel mensual multianual y en los coeficientes a, b, c, y d para la Región Caribe – R2 se generaron las curvas IDF para los periodos de retorno de: 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años mostrada en la Figura 3-37.

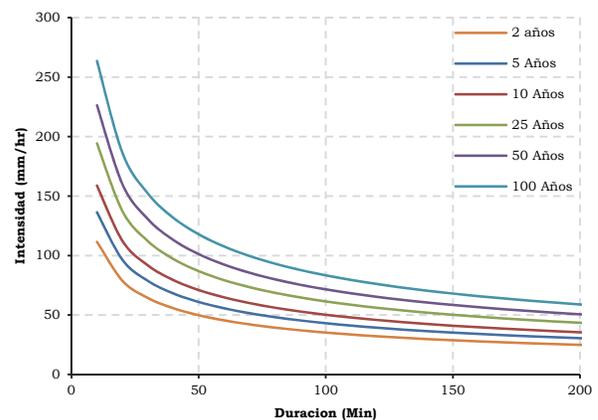


Figura 3-37. Curva IDF Cuenca Arroyo Grande/Oriental

☛ *Curva de intensidad duración frecuencia (IDF) cuenca Arroyo Granada/San Luis*

Para la construcción de la curva IDF se utilizaron los datos de las estaciones IDEAM Puerto Colombia y Juan de Acosta entre 1980 – 2011. Con el promedio de los máximos anuales de cada estación se determinó un promedio ponderado teniendo en cuenta los polígonos de Thiessen, ver Tabla 3-18.

Tabla 3-18. Promedio de los máximos anuales Cuenca Arroyo Granada/ San Luis

	PTO. COLOMBIA	JUAN DE ACOSTA
Porcentaje Thiessen (A)	73.4	26.6
Promedio máximos anuales (B)	100.6	79.0
A*B	73.8	21.0
Prom Ponderado Σ A*B	94.9	

Basados en el promedio ponderado de la precipitación máxima anual en 24 horas a nivel mensual multianual y en los coeficientes a, b, c, y d para la Región Caribe - R2 se generaron las curvas IDF para los periodos de retorno de: 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años mostrada en la Figura 3-38.

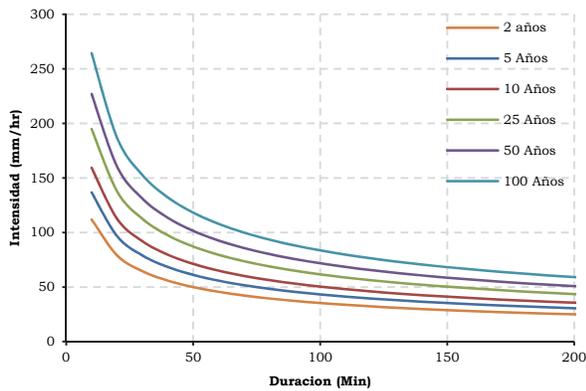


Figura 3-38. Curva IDF Cuenca Arroyo Granda/ San Luis

☛ *Curva de intensidad duración frecuencia (IDF) cuenca Arroyo León/hondo*

Para la construcción de la curva IDF se utilizaron los datos de las estaciones IDEAM Aeropuerto, Las Flores, Polo Nuevo, y Puerto Colombia entre 1980 - 2011. Con el promedio de los máximos anuales de cada estación se determinó un promedio ponderado teniendo en cuenta los polígonos de Thiessen, ver Tabla 3-19.

Tabla 3-19. Promedio de los máximos anuales Cuenca Arroyo León/Hondo.

	AEROPUERTO	LAS FLORES	POLO NUEVO	PTO. COLOMBIA
Porcentaje Thiessen (A)	40.5	47.3	3.2	9
Promedio máximos anuales (B)	83.1	79.7	93.1	100.6
A*B	33.7	37.7	3.0	9.1
Prom Ponderado Σ A*B	83.4			

Basados en el promedio ponderado de la precipitación máxima anual en 24 horas a nivel mensual multianual y en los coeficientes a, b, c, y d para la Región Caribe - R2 se generaron las curvas IDF para los periodos de retorno de: 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años mostrada en la Figura 3-39.

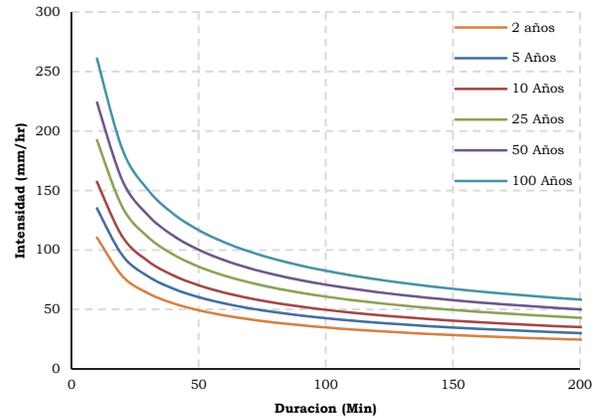


Figura 3-39. Curva IDF Cuenca Arroyo León/Hondo

☛ *Curva de intensidad duración frecuencia (IDF) cuenca Arroyo Cisne*

Para la construcción de la curva IDF se utilizaron los datos de las estaciones IDEAM Puerto Colombia y Las Flores entre 1980 - 2011. Con el promedio de los máximos anuales de cada estación se determinó un promedio ponderado teniendo en cuenta los polígonos de Thiessen, ver Tabla 3-20.

Tabla 3-20. Promedio de los máximos anuales Cuenca Cisne.

	PTO. COLOMBIA	LAS FLORES
Porcentaje Thiessen (A)	92.7	7.3
Promedio máximos anuales (B)	100.6	79.7
A*B	93.3	5.8
Prom Ponderado Σ A*B	99.1	

Basados en el promedio ponderado de la precipitación máxima anual en 24 horas a nivel mensual multianual y en los coeficientes a, b, c, y d para la Región Caribe - R2 se generaron las curvas IDF para los periodos de retorno de: 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años mostrada en la Figura 3-40.



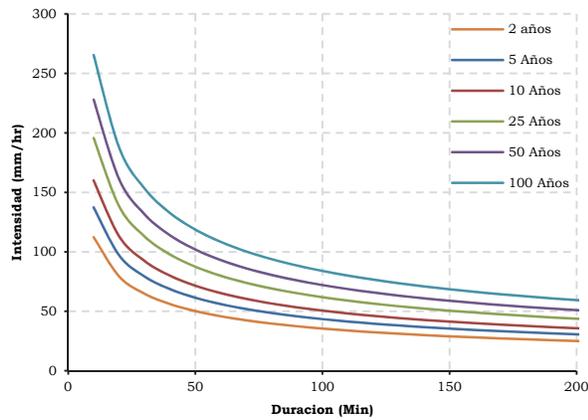


Figura 3-40. Curva IDF Cuenca Cisne

• Análisis de Amenaza asociada a Eventos Extremos de lluvias Máximas.

Se define amenaza como la probabilidad de que ocurra un evento, en un espacio y tiempo determinado, con la suficiente intensidad como para producir un daño. Por tanto, se refiere al grado de exposición al que puede estar sometido un sistema, calculado en términos de probabilidad de ocurrencia. Usualmente está basado en el análisis de la frecuencia histórica del evento generador del daño. La probabilidad de ocurrencia de un evento puede ser calculado en función del Período de Retorno, que en términos estadísticos se calcula como el inverso de la probabilidad excedida.

Se define como período de retorno T de eventos máximos al tiempo promedio, expresado en años, en que el valor de una variable determinada es igualado o superado una vez.

El período de retorno T está ligado a la probabilidad de falla mediante la siguiente expresión:

$$T = \frac{1}{(P(x \geq xi))} = \frac{1}{(1 - P(x < xi))}$$

Para determinar las lluvias en asociadas a diferentes períodos de retorno, el consultor adoptó la distribución de probabilidad Lognormal o Loglogística que mejor ajustaba los valores de máximos anuales en cada estación.

Para determinar los diferentes factores asociados a la Distribución de Probabilidad correspondiente, el consultor realizó el cálculo mediante el software computacional Minitab. A continuación se presentan los resultados de las distribuciones por estación IDEAM, y la respectiva ponderación para el cálculo de las probabilidad de eventos extremos, en términos de los períodos de retorno para cada subcuenca.

Tabla 3-21. Períodos de retorno para las estaciones IDEAM en estudio.

	AEROPUERTO	LAS FLORES	POLO NUEVO	PTO. COLOMBIA	JUAN DE ACOSTA	USIACURI
T	P (mm)	P (mm)	P (mm)	P (mm)	P (mm)	P (mm)
2	75	72	84	81	69	69
5	90	85	100	111	89	86
10	97	92	109	130	99	95
20	104	98	117	147	109	103
25	106	100	119	152	112	106
50	112	105	126	168	120	113
100	118	110	132	183	129	120

Tabla 3-22. Períodos de retorno para la Cuenca Mallorquín

	HONDO/LEÓN	GRANDE/ORIENTAL	GRANADA/SAN LUIS	CISNE	PERDIDA/CANTERA	BAJA/PLANO COSTERO
T	P (mm)	P (mm)	P (mm)	P (mm)	P (mm)	P (mm)
2	74	79	78	80	81	73
5	90	101	105	109	111	90
10	98	114	122	127	130	99
20	106	125	137	143	147	107
25	108	128	141	148	152	109
50	114	139	155	163	168	117
100	121	149	169	178	183	123

• Pluviogramas sintéticos

En la determinación de los pluviogramas sintéticos se usó el método de los bloques alternos. Este método es una forma simple para desarrollar un pluviograma de diseño utilizando una curva IDF.

El pluviograma producido especifica la profundidad de precipitación que ocurre en n intervalos de tiempo sucesivos sobre una duración total. Se debe seleccionar el período de retorno de diseño y la intensidad es leída en una curva IDF para cada una de las duraciones. Entonces, la profundidad de precipitación se obtiene al multiplicar la intensidad y la duración.

Tomando diferencias entre valores sucesivos de profundidad de precipitación, se encuentra la cantidad de precipitación que debe añadirse por cada unidad adicional de tiempo. Estos bloques se reordenan en una secuencia temporal de modo que la intensidad máxima ocurra en el centro de la duración requerida.

En las siguientes figuras se presentan los bloques alternos y la precipitación acumulada para los distintos períodos de retorno.

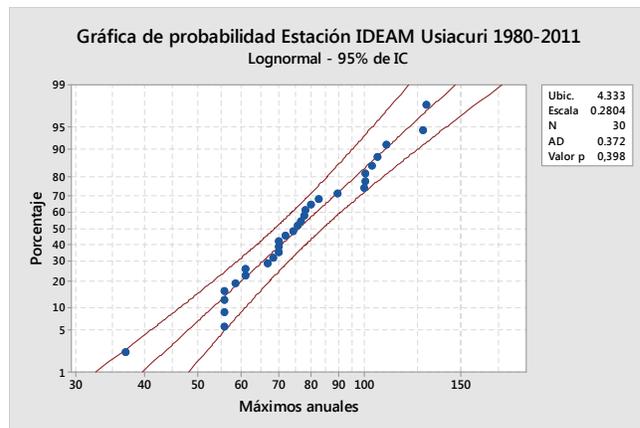
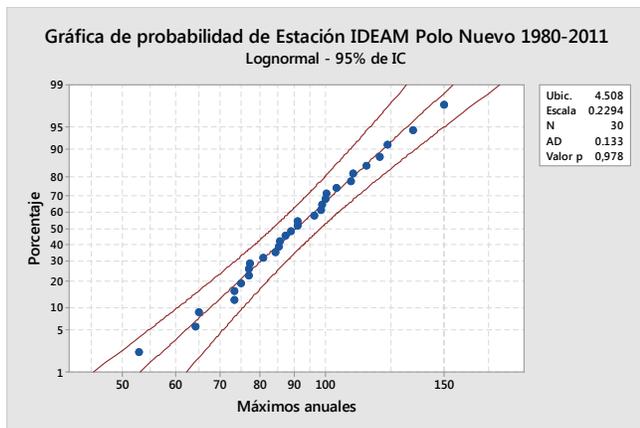
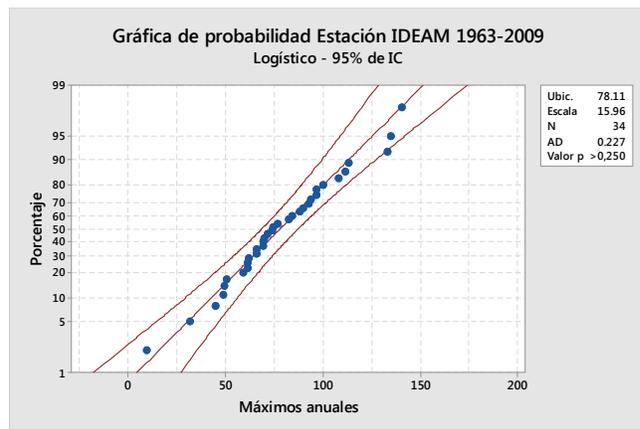
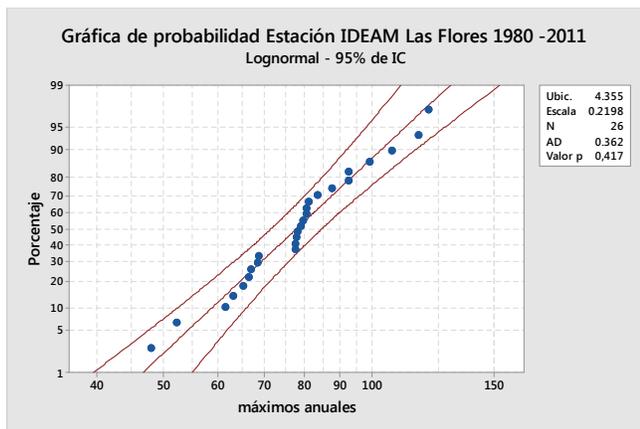
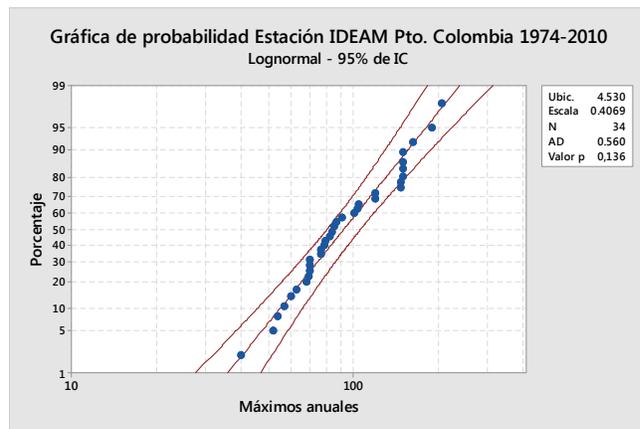
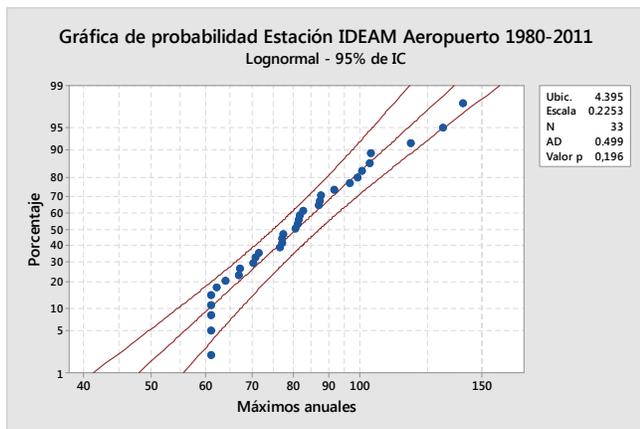


Figura 3-41. Distribuciones de probabilidad de máximos anuales para las estaciones IDEAM en estudio.

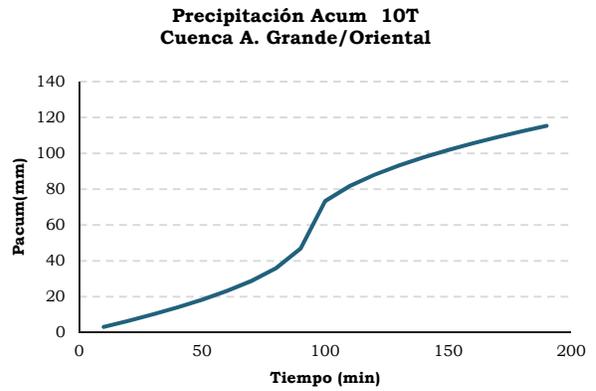
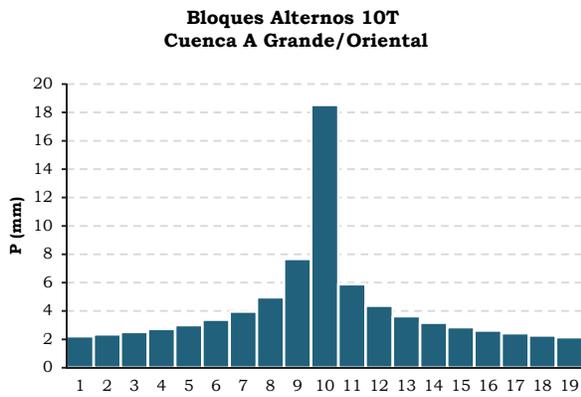
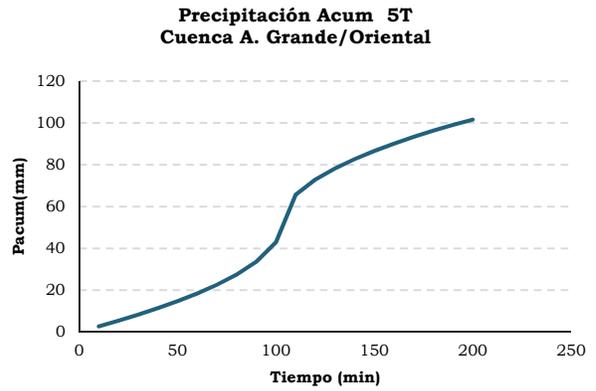
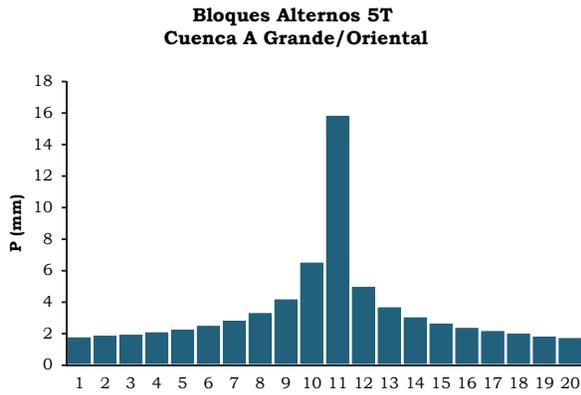
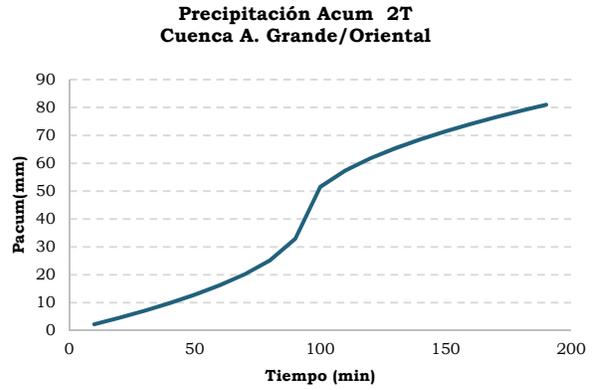
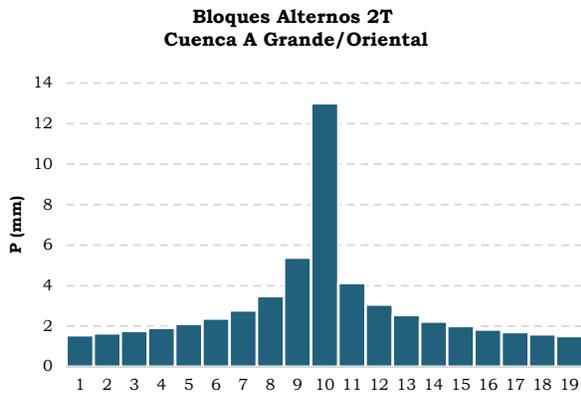


Figura 3-42. Bloques alternos y precipitación acumulada. Cuenca Arroyo Grande/Oriental

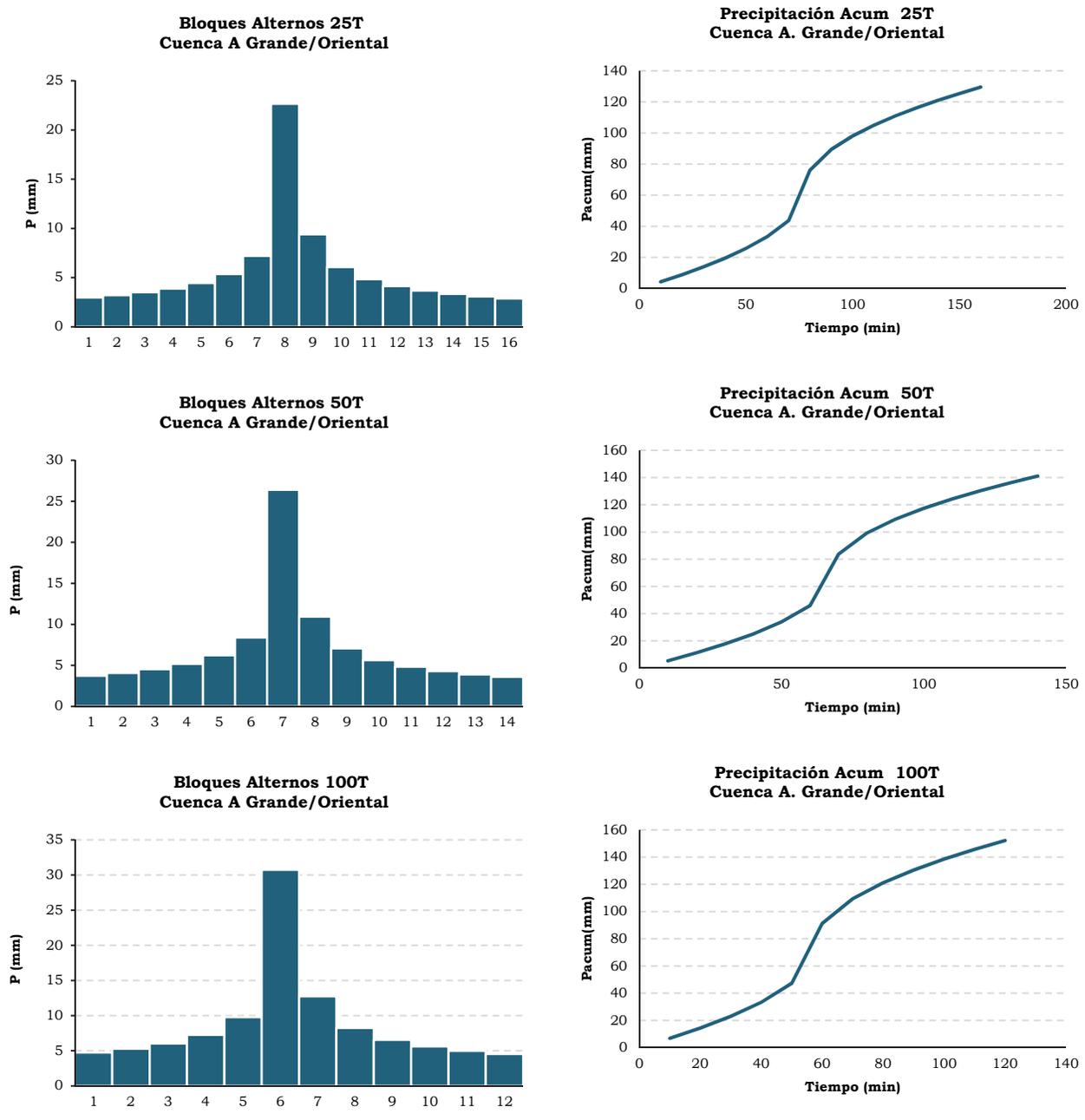
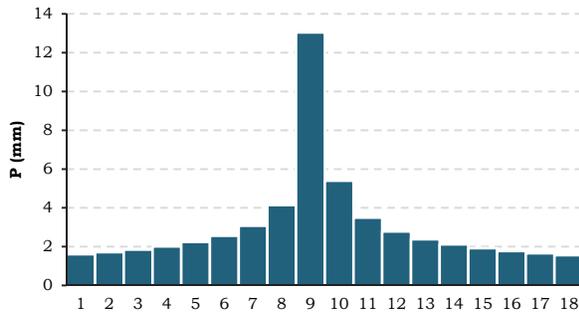
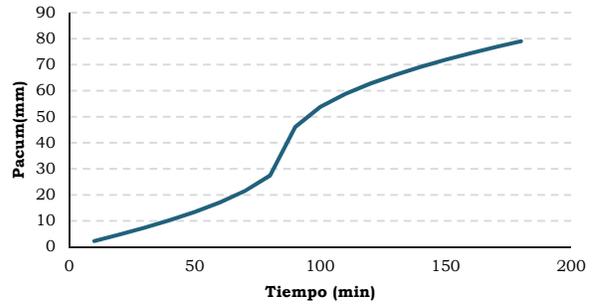


Figura 3-42. Continuación.

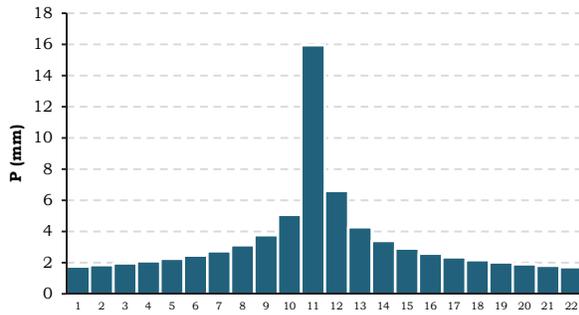
Bloques Alternos 2T
Cuenca A Granada/San Luis



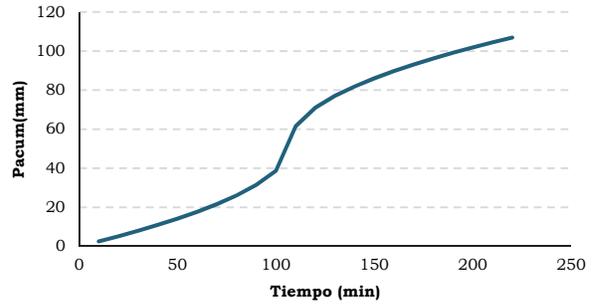
Precipitación Acum 2T
Cuenca A. Granada/San Luis



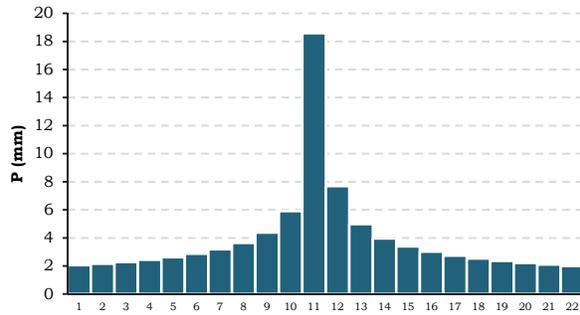
Bloques Alternos 5T
Cuenca A Granada/San Luis



Precipitación Acum 5T
Cuenca A. Granada/San Luis



Bloques Alternos 10T
Cuenca A Granada/San Luis



Precipitación Acum 10T
Cuenca A. Granada/San Luis

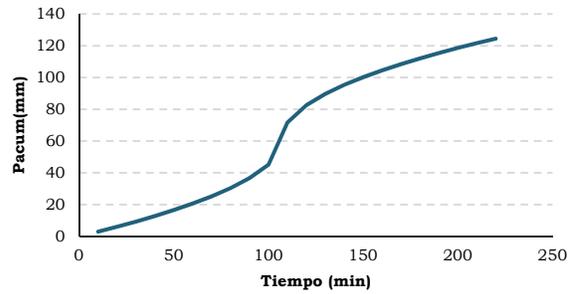
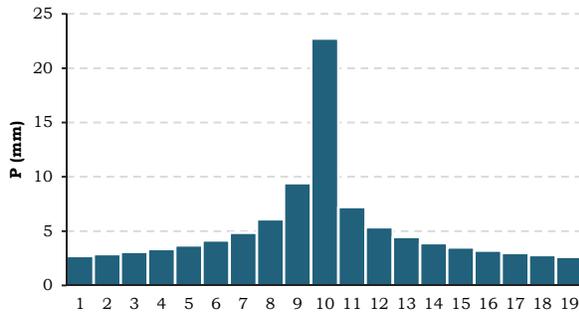
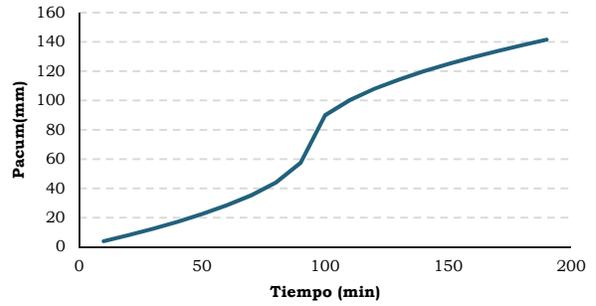


Figura 3-43. Bloques alternos y precipitación acumulada. Cuenca Arroyo Granada/San Luis

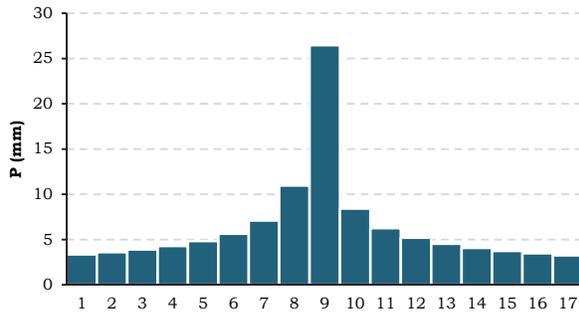
Bloques Alternos 25T
Cuenca A Granada/SanLuis



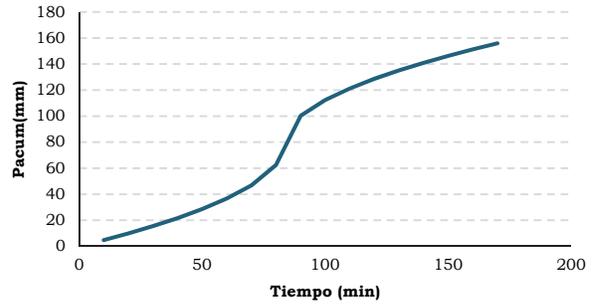
Precipitación Acum 25T
Cuenca A. Granada/San Luis



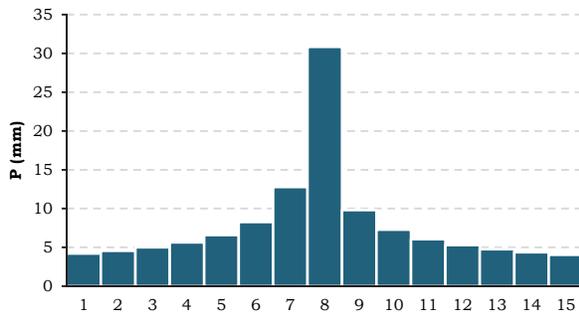
Bloques Alternos 50T
Cuenca A Granada/SanLuis



Precipitación Acum 50T
Cuenca A. Granada/San Luis



Bloques Alternos 100T
Cuenca A Granada/SanLuis



Precipitación Acum 100T
Cuenca A. Granada/San Luis

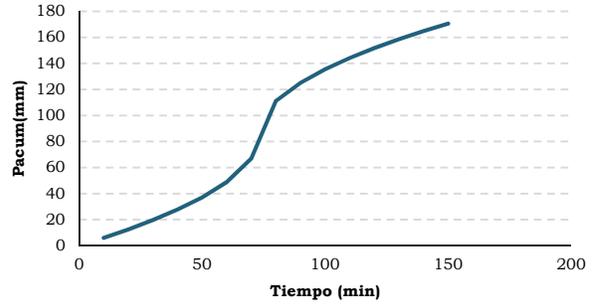


Figura 3-43. Continuación.

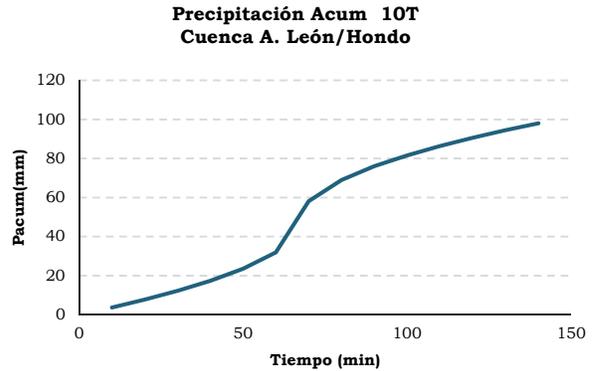
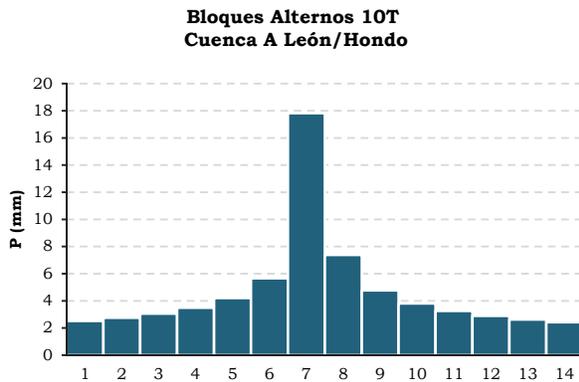
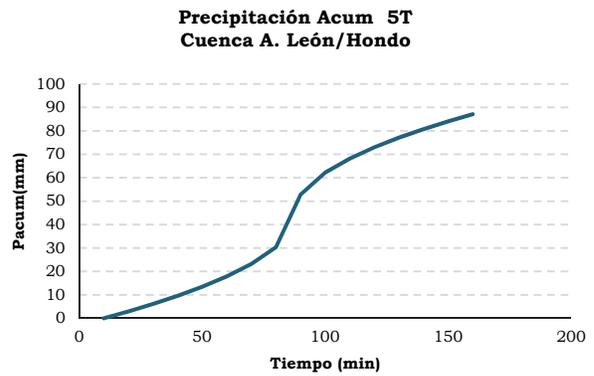
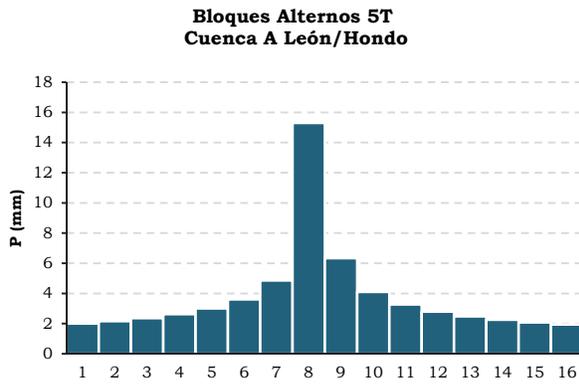
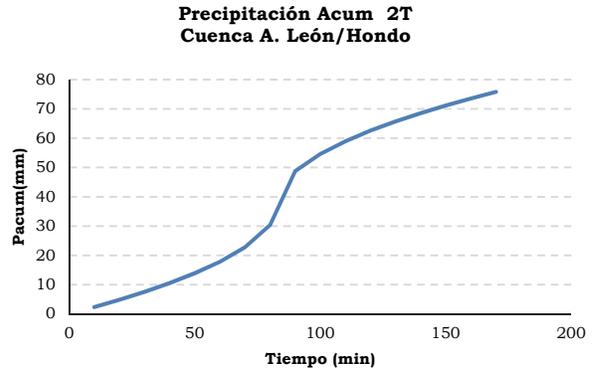
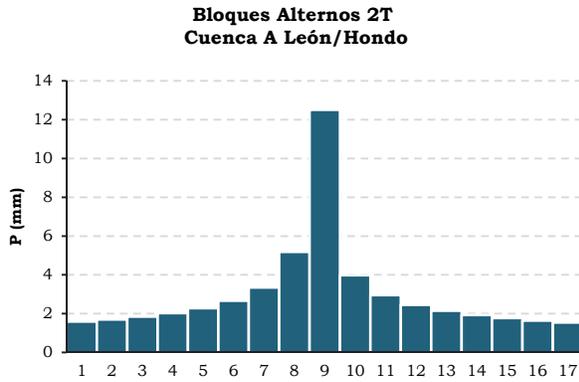


Figura 3-44. Bloques alternos y precipitación acumulada. Cuenca Arroyo León/Hondo

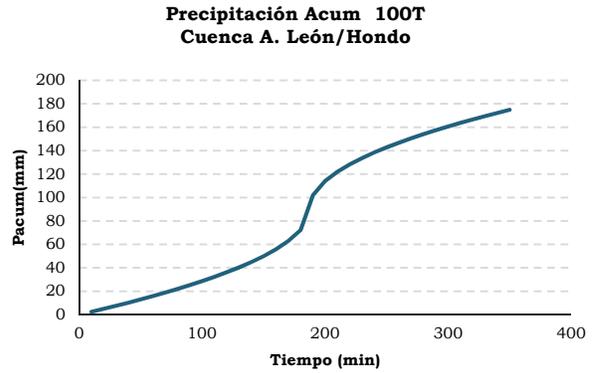
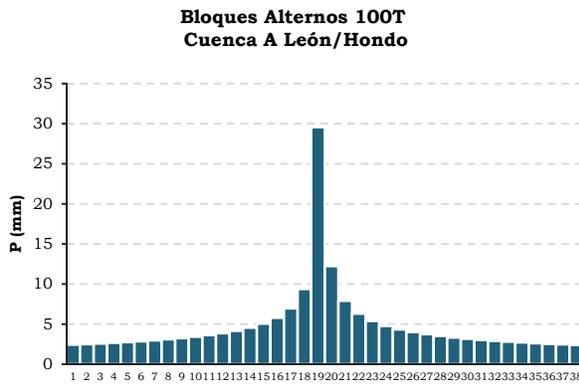
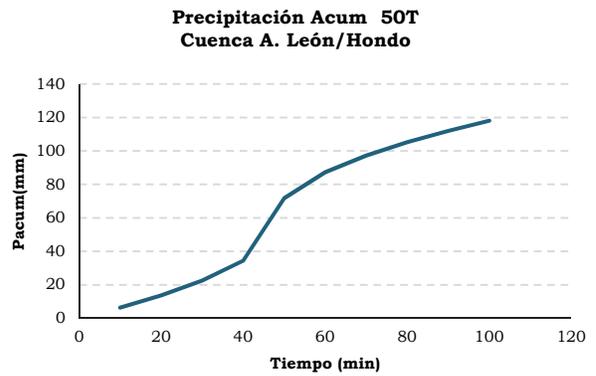
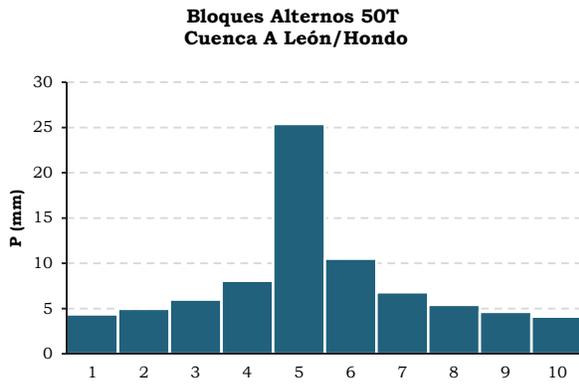
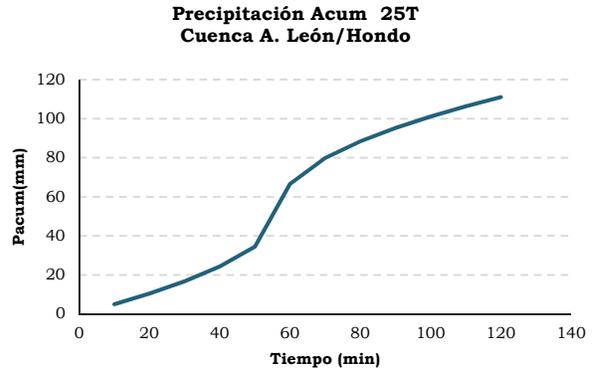
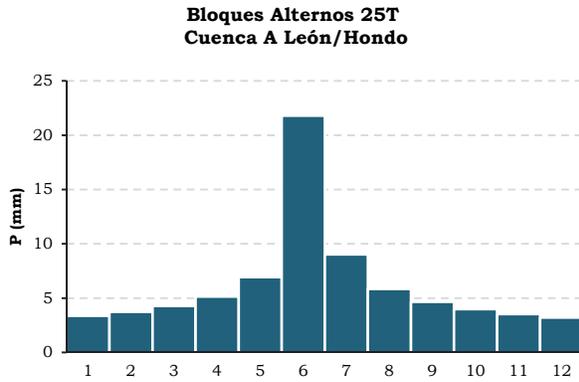


Figura 3-44. Continuación.

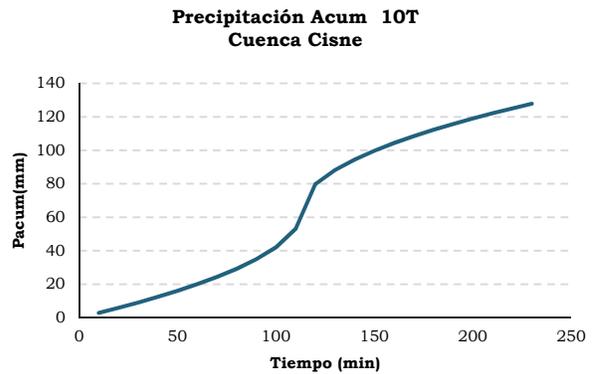
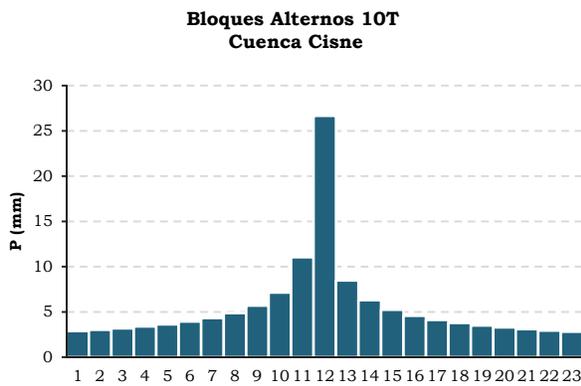
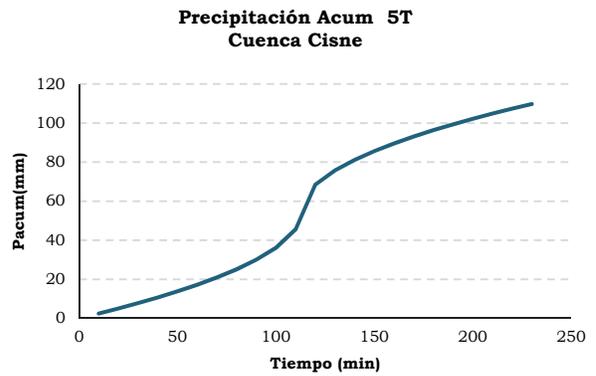
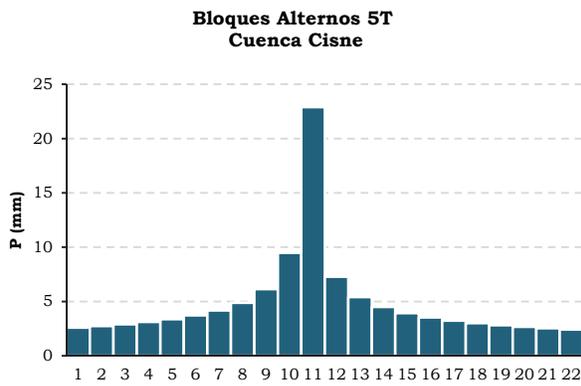
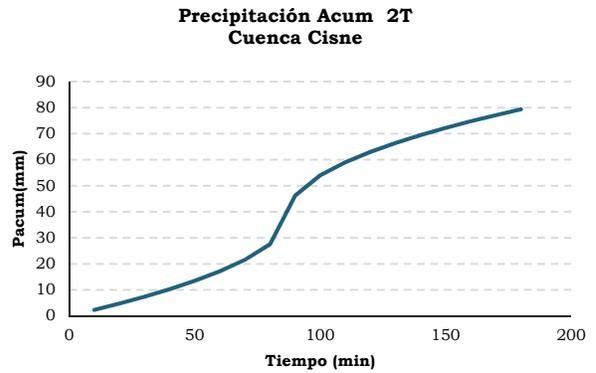
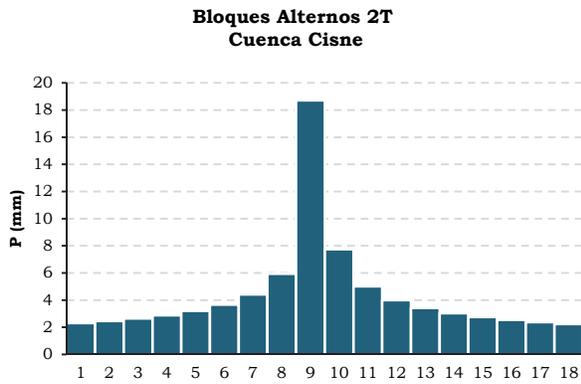


Figura 3-45. Bloques alternos y precipitación acumulada. Cuenca Cisne

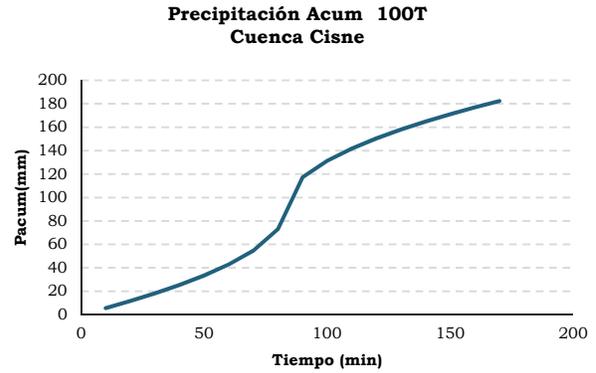
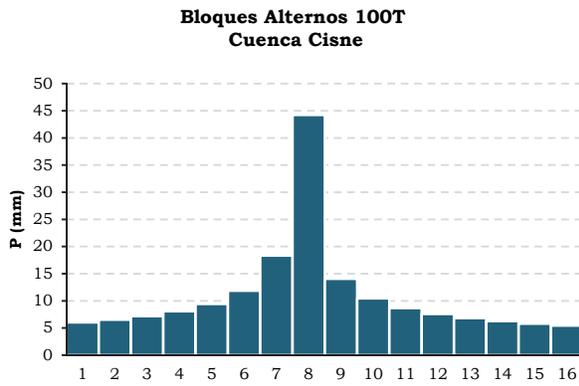
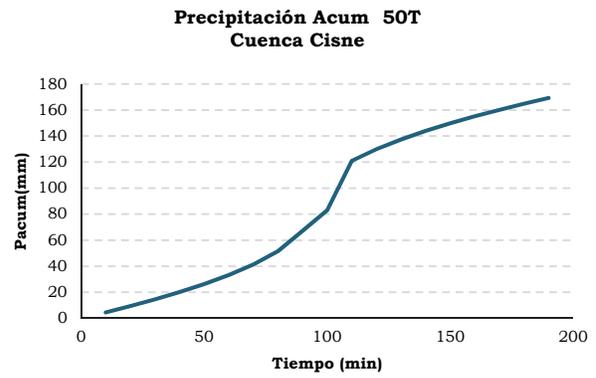
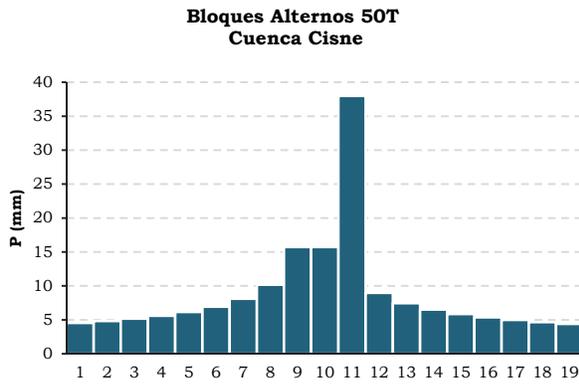
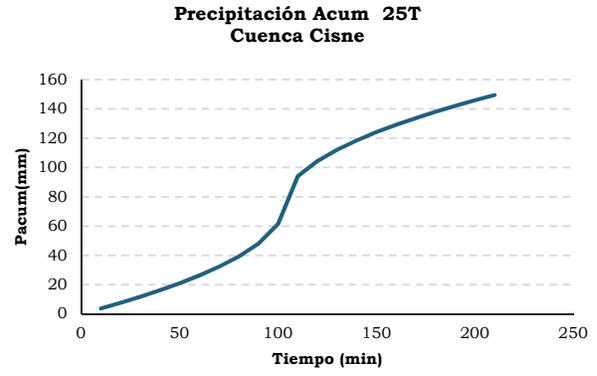
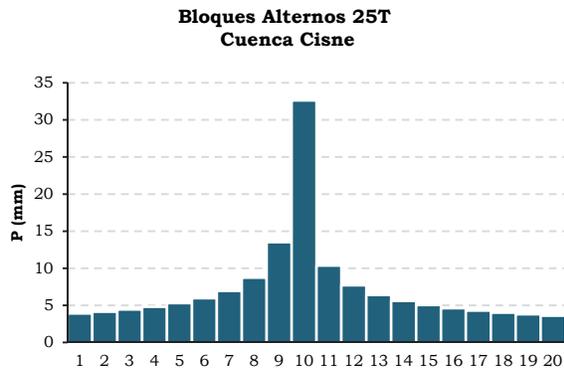


Figura 3-45. Continuación.

Transformación de Lluvias Máximas a Caudales Máximos instantáneos- Método del SCS

La determinación de eventos de caudales máximos en cada una de la subcuencas de la Cuenca de Mallorquín, tienen por objeto valorar los niveles de riesgo por procesos de inundación, generadas por desbordamientos de los cauces principales de las subcuencas que hacen parte de la red hidrográfica. Teniendo en cuenta que se tienen áreas de drenaje mayores a 100 Ha (1 Km²), fue necesario realizar el

cálculo de caudales con un modelo de lluvia escorrentía que tenga en cuenta la capacidad de amortiguamiento de la cuenca. Se aplicó el Método del SCS, este método es utilizado cuando las áreas son relativamente grandes, siendo el más apropiado para estimar los caudales debido a que representa mejor los pluviogramas de precipitación e hidrogramas de respuesta de las áreas de drenaje teniendo en cuenta la capacidad de amortiguamiento de la cuenca.

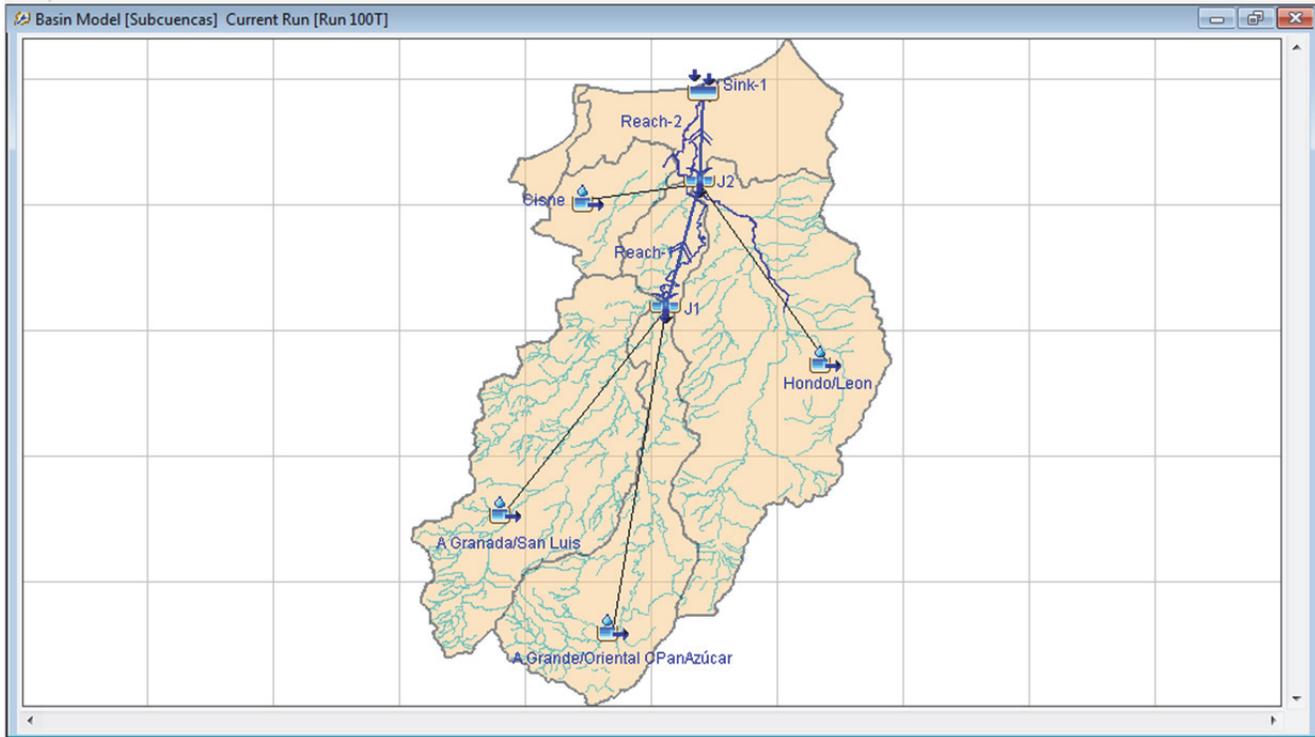


Figura 3-46. Configuración del modelo lluvia - escorrentía en HEC-HMS

Para lo anterior, se utilizó el software HEC-HMS en el cual se tienen en cuenta las características morfológicas de las cuencas y los pluviogramas de precipitación calculados por el método de los bloques alternos corregidos mediante el factor de reducción de promedio aplicados a las subcuencas (Tabla 3-23 respectivamente). Los caudales picos fueron calculados para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años para cada subcuenca y unión de arroyos.

De los resultados tenemos que el Arroyo León/Hondo para un caudal de 100 años alcanza un caudal de 269 m³/s, el mayor caudal teniendo en cuenta que esta cuenca es la que presenta una mayor intervención, con un CN de 60, área impermeable del 20%, y un área de 100.9 km². Mien-

Grande, Granada y León con valores entre 0.68 – 0.70.

A continuación se presenta las características de las subcuencas, y los caudales de la modelación con HEC-HMS (Figura 3-46 y tras que el Arroyo Grande y Granada, para el mismo periodo de retorno, tienen un caudal de 104.3 m³/s y 159 m³/s respectivamente. La cuenca de Mallorquín alcanza para este periodo de retorno alcanza una precipitación de 121 – 178 mm. Al unirse el Arroyo Grande y Granada se obtiene un caudal de 247.9m³/s, y al unirse este con el arroyo León/Hondo y la cuenca Cisne se obtiene un caudal de 497.6 m³/s para el periodo de retorno de 100 años.

Tabla 3-23. Caudales Picos en la cuenca de Mallorquín. Fuente: Elaboración propia.

Subcuenca	Caudales pico HEC-HMS (m ³ /s)					
	2T	5T	10T	25T	50T	100T
Cisne	34.7	49.9	65.6	91.9	127.3	147.8
Arroyo León / Arroyo Hondo	124.6	168.2	188.7	237.7	266.2	269.0
Arroyo Granada/ San Luis	14.2	39.2	63.1	91.0	121.2	159.0
Arroyo Grande/ Oriental C. Pan de Azúcar	25.3	43.2	55.3	70.3	86.4	104.3
J1 - Unión Grande y Granada	36.7	77.3	112.5	152.8	196.4	247.9
J2 - Unión Grande, Granada, León y Cisne	155.6	234.4	285.0	377.3	446.6	497.6

Los caudales estimados en este estudio no tienen en cuenta los embalses y retenciones que se hacen a lo largo de todos los cauces y de los vertimientos de aguas residuales domésticas, tratadas y no tratadas.

3.1.2.4. Demanda hídrica de la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín

Como parte del proceso de cálculo de los IUA realizados en el 2013 por la Corporación Autónoma Regional del Atlántico - CRA, se calculó la demanda que tendría el flujo superficial de agua por parte de los que los usuarios de concesiones y los efectivamente consumidos para un periodo determinado.

En este proceso se realizó una identificación de las Unidades Hidrológicas de Análisis - UHA, las cuales son cuerpos de agua localizados dentro de la cuenca de interés que son utilizados como fuentes de suministro de agua para diferentes sectores establecidos en la metodología del IDAM (ENA, 2010).

Durante este estudio se reconocieron 4 UHA que se encuentran ubicadas dentro del área de estudio. Teniendo en cuenta los posibles usos domésticos, industriales, en hidrocultivos, pecuaria, Agrícola y Riego se calcularon demandas totales proyectadas para cada una de las UHA: (Tabla 3-24).

Tabla 3-24. Demanda Hídrica en las Subcuencas de Mallorquín. Fuente: CRA, 2013.

UHA	Demanda Proyectada (metros cúbicos / año) -UHA Superficial						Demanda Potencial Total por UHA (m ³ /s)
	Doméstica	Industrial	Hidrocultivos	Pecuaria	Agrícola	Riego	
Oriental C. Pan de Azúcar	57,161,279	-	-	-	540	-	57,161,819
Arroyo Hondo	4,704,126	-	787,500	3,888	-	-	5,495,514
San Luis	175,363	1,596,264	272,487	27,255	-	-	2,071,368
Cisne	351,221	-	50,347	-	145,935	4,860	552,362
Baja/Plano Costero	-	-	-	-	-	-	2,401,407
Perdida Cantera	-	-	-	-	-	-	152,748

3.1.3. Aproximación al riesgo indicativo

Este capítulo se inscribe en el marco del componente ambiental denominado mapas de amenazas, vulnerabilidad y riesgo para la zonificación del plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León. Consiste en la identificación y caracterización de las ofertas y restricciones ambientales de los terrenos localizados en zonas con presencia de amenazas por fenómenos naturales. Los mapas de amenazas por fenómenos naturales, información secundaria, fueron desarrollados por la Corporación Autónoma Regional del Atlántico - C.R.A.

Para el caso actual, y teniendo en cuenta que el presente ejercicio fue gestado antes de la promulgación de los lineamientos que ubican su involucramiento en planes de ordenación, resulta un paso fundamental en la definición de lineamientos de uso del suelo desde la perspectiva ambiental dado que permea las dinámicas de ocupación del territorio con criterios de conocimiento de la oferta en esta materia. Para el presente ejercicio, se contempló que el Riesgo Indicativo inicialmente fuera un criterio más de zonificación pero el análisis hecho

por el equipo evaluador permitió entender que la identificación de riesgos permite con medidas de manejo, la ejecución de actividades que bajo un esquema de limitación definitiva por fragilidad ambiental o importancia estratégica no sería factible. Por lo tanto se propone finalmente que éste sea un elemento de consulta y verificación para la toma de decisión en el que la zonificación constituye el primer filtro para determinar los lineamientos de manejo y el análisis de riesgo indicativo sea un complemento que ayude a robustecer elementos de análisis en la promulgación de medidas de manejo o incluso de condicionamiento para uso o no del suelo dependiendo del tipo de actividad.

3.1.3.1. Aspectos conceptuales

La política ambiental del país a partir del año 2010 definió un nuevo enfoque en virtud de las catástrofes naturales que se sucedieron, las cuales muchas vidas humanas afectó y demandó cuantiosos recursos económicos para atención y mitigación. A partir de una serie de consideraciones de índole institucional que coincidieron, entre otras, con la escisión del Ministerio de Ambiente y Vivienda resultando en el Decreto 1523 del 2012 por el cual se adopta la

Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones; en su Artículo N° 4 se consignan las siguientes definiciones que dan contexto:

Amenaza: Peligro latente de que un evento físico de origen natural, o causado, o inducido por la acción humana de manera accidental, se presente con una severidad suficiente para causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como también daños y pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos ambientales.

Vulnerabilidad: Susceptibilidad o fragilidad física, económica, social, ambiental o institucional que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que un evento físico peligroso se presente. Corresponde a la predisposición a sufrir pérdidas o daños de los seres humanos y sus medios de subsistencia, así como de sus sistemas físicos, sociales, económicos y de apoyo que pueden ser afectados por eventos físicos peligrosos.

Riesgo de Desastres: Corresponde a los daños o pérdidas potenciales que pueden presentarse debido a los eventos físicos peligrosos de origen natural, socio-natural tecnológico, biosanitario o humano no intencional, en un periodo de tiempo específico y que son determinados por la vulnerabilidad de los elementos expuestos; por consiguiente el riesgo de desastres se deriva de la combinación de la amenaza y la vulnerabilidad.

3.1.3.2. Marco Metodológico

Para la caracterización y evaluación se identifican zonas a partir de información institucional previa disponible en la cual se determinaron las ofertas y amenazas ambientales de manera general, posteriormente se realizó una evaluación y calificación técnica (amenazas por fenómenos naturales), así como la determinación de los estudios complementarios que se deban realizar de manera previa para llevar a cabo intervenciones y/o ocupaciones sobre el territorio con niveles de seguridad aceptables, dadas las características físicas de las zonas, entre las que tenemos: (geología, geomorfología, amenazas, etc.)

En el presente abordaje se hace fundamenta en Move. (2010) New Generic Framework addressing vulnerability and disaster risk to natural hazards from a holistic point of view, metodológico heurístico que se basa en la identificación de la fragilidad de los sistemas biofísicos, ecológicos y físicos, así como sus diferentes funciones como consecuencia de encontrarse en una zona de amenaza y por lo tanto expuestos a sufrir daño o deterioro.

El modelo de la

Figura 3-47 modificado de por ser un marco metodológico heurístico debe ser considerado como una guía. La adaptación realizada para este proyecto está ligada con la disponibilidad de información y la delimitación de sectores para toma de decisiones, lo cual permite modificar fácilmente la base de toma de decisiones cuando las condiciones aquí plasmadas cambien espacial o temporalmente. Se incluyeron dentro del resultado del análisis, unas normas urbanísticas como un elemento de reducción del riesgo, las cuales ayudan a intervenir tanto la amenaza y la vulnerabilidad a nivel local del territorio al momento de la ocupación y/o intervención, o en la definición de suelos de protección.

La delimitación de los determinantes físicos relacionados con las amenazas consistió en materializar en el territorio la geología, la geomorfología y los fenómenos amenazantes (Figura), pero también fue propósito que esta identificación y caracterización sea el fundamento para que los tomadores de decisiones de acuerdo con los usos pre-establecidos para estos sectores cuenten con elementos para definir las restricciones para la ocupación y/o intervención, entre las que destacan:

De Ley: exclusión y protección de rondas de ríos, nacimientos de agua, áreas de reserva forestal.

Geológicos, Geomorfológicos y de Procesos Activos o Potenciales: profundidad del nivel freático, tipos de suelos, rugosidad del mismo, movimientos de masa activos, antiguos o potenciales, grado de erosión o socavamiento, inundaciones entre otros.

De Procesos o Actividades Antrópicas: minería a cielo abierto, potencial de subsidencia o hundimientos, desvío de cauces, disponibilidad o potencial de construcción de vías de acceso.



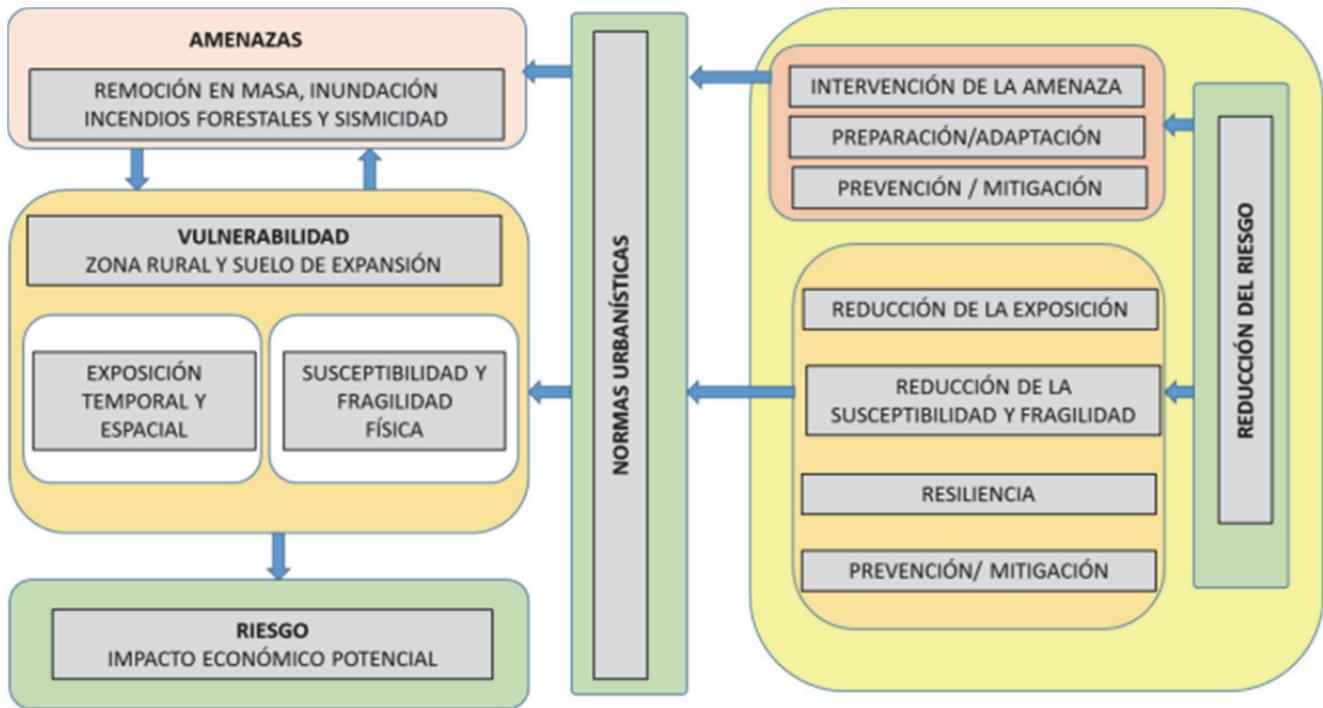


Figura 3-47 . Modelo de Riesgo aplicado a la cuenca Mallorquín, modificado de Vichon et al (2011)

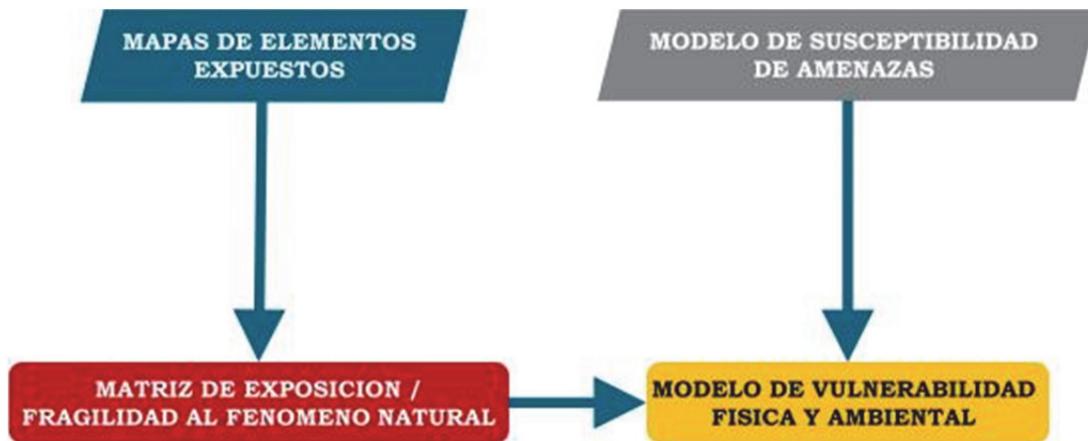


Figura 3-48 - Modelo Metodológico para la Identificación de la Vulnerabilidad

La vulnerabilidad (Figura 3-48) analizada en el área de la cuenca hidrográfica de la Ciénaga de Mallorca y los Arroyos Grande y León, fue la vulnerabilidad física y la vulnerabilidad ambiental, entendida como el potencial de daño de los elementos físicos incluyendo áreas construidas, infraestructura y espacios abiertos. La vulnerabilidad socio-económica no se evaluó por la dispersión de las comunidades en la zona y a la falta de información en centros poblados formales e informales o que aún están en construcción y/o desarrollo.

La exposición describe la extensión en la cual un elemento evaluado cae dentro del rango geográfico de un evento de amenaza. La exposición se extiende a atributos físicos fijados de sistemas de infraestructura y productivos agroindustriales presentes en la zona del área de estudio.

La susceptibilidad (o fragilidad) describe la predisposición de los elementos en riesgo a sufrir daño. La exposición y la fragilidad de los sistemas de infraestructura y productivos fue evaluada directamente en las visitas de campo.

3.1.3.2.1. Objetivos Metodológicos

Los objetivos principales que persigue la metodología utilizada son los siguientes:

- *Crear conocimientos, marcos y métodos para la evaluación de la vulnerabilidad a los peligros naturales.*
- *Utilizar índices e indicadores para ayudar a mejorar la resiliencia social y ambiental con énfasis en la medición de variables que presentan incertidumbres.*
- *Producir un marco conceptual que es independiente de la escala y el tipo de peligro.*
- *Analizar la vulnerabilidad física, técnica, ambiental, económica, social, cultural e institucional medido para riesgos específicos y en diferentes escalas geográficas.*
- *Identificar la vulnerabilidad de fenómenos naturales, tales como Inundaciones, temperaturas extremas, sequías, deslizamientos, terremotos, incendios forestales y tormentas entre otros.*

3.1.3.2.2. Conceptos metodológicos

La reducción del riesgo de desastres en relación con los riesgos de origen natural es un reto importante para las regiones y los ciudadanos. En condiciones de cambio ambiental global, se espera que la región del Caribe colombiano se enfrente a aumentos en la intensidad y frecuencia de los fenómenos naturales extremos, como inundaciones, sequías, deslizamientos, tormentas, etc.

Curiosamente, se reconoce cada vez más que los efectos generados por eventos naturales catastróficos no pueden reducirse a centrarse exclusivamente al tema de amenazas. Por lo tanto, las sociedades tienen que adaptarse a cambios en las condiciones ambientales, con lo cual es necesario aumentar la resiliencia reduciendo la vulnerabilidad a los peligros naturales. El Marco de Acción de Hyogo, tal como fue formulado en la Conferencia Mundial sobre la Reducción de Desastres en Kobe en 2005 subraya que el punto de partida para la reducción de riesgo de desastres y para la promoción de una cultura de resiliencia ante los desastres es el conocimiento de los peligros y lo físico, social, económico y vulnerabilidades ambientales a los desastres que la mayoría de las sociedades soportan (ONU 2005).

La creciente frecuencia y magnitud de los procesos naturales extremos, se potencializa con la creciente urbanización de las zonas peligrosas, los altos niveles de dependencia de las infraestructuras críticas y la creciente vulnerabilidad de determinados grupos sociales (p.ej, población que envejece). Aunque es ampliamente reconocido que la reducción y la medición de la vulnerabilidad son tareas importantes, el concepto de vulnerabilidad sigue siendo relativamente poco clara y poco investigado, especialmente en las regiones altamente desarrolladas.

En este contexto, hay que reconocer que hay una falta de un terreno común entre las diferentes disciplinas y escuelas de pensamiento respecto a lo que significa la vulnerabilidad como un concepto científico. Hay un entendimiento general de que se trata de por lo menos lo siguiente: la susceptibilidad a daños, en la medida en que las personas y los bienes están predispuestos a tener un impacto y las condiciones que favorecen el daño.

Sin embargo, diferentes disciplinas aplican el término de diferentes maneras. Mientras que los analistas de la comunidad del riesgo de desastres y el riesgo económico a menudo ven la vulnerabilidad como el potencial de pérdidas económicas que una sociedad, de la ciudad o del hogar pueden experimentar debido a un evento peligroso; los teóricos del desarrollo e investigadores de ciencias sociales ven el concepto en cuanto a los factores subyacentes que aumentan la probabilidad de que las personas a ser afectados negativamente o perjudicadas por un evento peligroso. Por otra parte, la comunidad del cambio climático también ha desarrollado su propia comprensión de la vulnerabilidad, que en algunos casos se define como la capacidad de un sistema para resistir los fenómenos extremos y los cambios en el clima. Por lo tanto, hay una notoria ausencia de un marco común para la definición y medición de la vulnerabilidad en relación con su naturaleza física, social, económica, ambiental, cultural e institucional.

Debido a los aspectos estocásticos de los ambientes naturales, construidos y sociales, las incertidumbres son una parte intrínseca de cualquier intento de estimar la vulnerabilidad y también están presentes en los métodos y modelos utilizados para calificar o cuantificar. Como resultado, de manera explícita serán evaluados, reportados y discutidos con las partes interesadas y los usuarios finales incertidumbres. Esto proporcionará diferentes grupos de interés con una medida del nivel de confianza de las estimaciones.

La vulnerabilidad refleja la susceptibilidad, la predisposición intrínseca a daño, o en otras palabras, las condiciones que facilitan daños. Esto es de vital importancia para entender cómo se distribuye la vulnerabilidad, como se genera y cómo se acumula. Seleccionando cuidadosamente los procesos de identificación, medición y valoración se garantiza que las partes interesadas, como las personas que son responsables de la prevención y gestión del riesgo de desastres (gerentes, planificadores urbanos y otros) provean marcos e instrumentos técnico-legales adecuados para la evaluación y medición de la misma.

3.1.3.2.3. Dimensiones de la Vulnerabilidad

El marco metodológico aplica conceptos que permiten capturar las diferentes dimensiones de la vulnerabilidad, en particular:

- **Física:** *por ejemplo, el grado de exposición de los asentamientos humanos a un peligro y la probabilidad de ser afectados por fenómenos peligrosos debido a la ubicación y las condiciones físicas de los edificios que sostendrán ciertos impactos de peligro.*
- **Sociales:** *las condiciones y la predisposición de los diferentes grupos sociales que sufren daños y perjuicios debido a un evento peligroso, en relación con la composición demográfica, étnica, cultural o física de los grupos (por ejemplo, las personas mayores o las minorías desfavorecidas) y para los niveles de marginalidad y la segregación social u otras debilidades y restricciones en el acceso a los bienes sociales, económicos o relacionados con la salud.*
- **Económica:** *Esta dimensión abarca el potencial daño monetario que una sociedad o comunidad pueden sufrir como resultado de un evento peligroso, y las diferentes vulnerabilidades y las probabilidades de que las actividades económicas se verán perjudicados o interrumpidas debido a un peligro específico.*
- **Ambiental:** *Por un lado se trata de la fragilidad de los ecosistemas bajo la coacción de los eventos peligrosos y por el otro la dependencia de las*

sociedades y las actividades económicas específicas sobre los servicios ambientales.

- **Cultural:** *Este factor está relacionado con los paisajes naturales y urbanos en términos de su exposición a los riesgos naturales y sus valores cambiantes y significado para los individuos y las comunidades.*
- **Institucional:** *Este aspecto se puede definir como la falta de capacidad de involucrar a todas las partes interesadas y con eficacia coordinar ellos desde el principio del proceso de toma de decisiones y de acuerdo con los procesos de comunicación de riesgos. Las actividades de mitigación, preparación, respuesta, recuperación y adaptación se ven afectadas por las debilidades institucionales y carencias.*
- **Gobernabilidad:** *Esto implica el desarrollo de buenas políticas, las estructuras administrativas y los métodos de consulta diseñado para gestionar y reducir la vulnerabilidad.*

En general, estas dimensiones proporcionan la base inicial de una perspectiva holística e integradora en la vulnerabilidad a los peligros naturales. Algunos aspectos tienen que ser abordados con métodos específicos y métodos de modelización. Vulnerabilidades físicas y económicas deben abordarse mediante enfoques probabilísticos y determinísticos asociados con escenarios de daños y los posibles impactos económicos: la vulnerabilidad social y cultural se evalúa con referencia a los aspectos demográficos, institucionales y culturales definidas por indicadores, datos de población, estadísticas y juicios cualitativos, que se basa también en los nuevos datos generados a través de entrevistas y encuestas.

Como se señaló anteriormente, el concepto de investigación se basa en un marco genérico y el empleo de diferentes metodologías para las diferentes dimensiones de la vulnerabilidad. A fin de garantizar la síntesis, en lugar de fragmentación y el aislamiento, todas las metodologías producen indicadores clave, índices y criterios que pueden utilizarse para evaluar diferentes aspectos de la vulnerabilidad. Aspectos y dimensiones serán combinados de una manera que va a desarrollar índices compuestos para las áreas temáticas específicas o escalas para integrar marcadamente diferentes aspectos del problema.

Para la presente propuesta serán evaluadas las dimensiones física y ambiental, hasta donde la información secundaria y levantada lo permita. Es decir, en el caso de la dimensión física se trabajará sobre la infraestructura existente de nivel secundario y su actualización, pero la composición de la misma (material de construcción, uso, costos, etc.) no será tenida en cuenta toda vez que dicha información no está disponible.

3.1.3.3. Modelación de Susceptibilidad por Amenazas

Los mapas de susceptibilidad de amenazas por fenómenos naturales utilizados para el modela-

miento del riesgo indicativo son: incendios forestales, inundaciones, remoción en masa, erosión y sismicidad. (Figura).

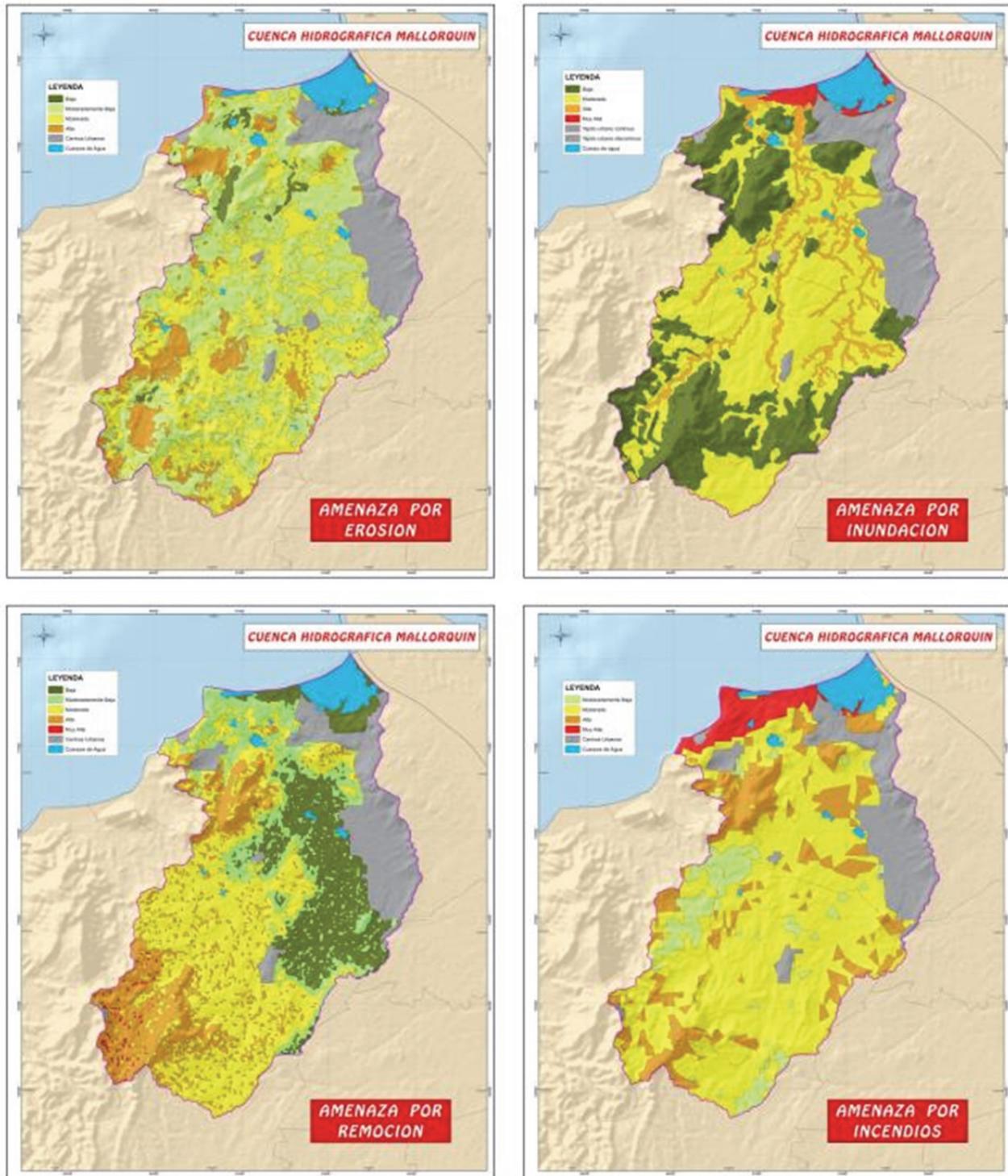


Figura 3-49. Mapas de Amenazas de la Cuenca Mallorquín

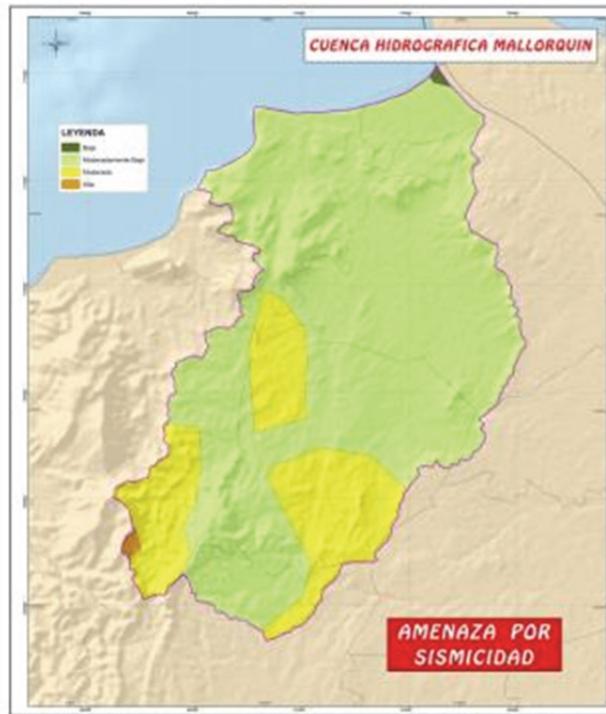


Figura3-49. Continuación.

3.1.3.4. Definición de Elementos Expuestos

Para la evaluación de elementos expuestos diversos y heterogéneos como son los existentes en el suelo urbano y rural, se definieron las siguientes consideraciones:

- *Identificación y clasificación de los elementos expuestos más representativos del área de estudio (p. ej., edificaciones y estructuras e infraestructuras especiales, edificaciones de ocupación normal o habitacional, cultivos, etc.).*
- *Ubicación y localización espacial sobre mapas de los elementos expuestos identificados, clasificados e inventariados (p. ej., edificaciones y estructuras e infraestructuras especiales, edificaciones de ocupación normal o habitacional, cultivos, etc.).*
- *Determinación de la vulnerabilidad física a partir del conocimiento de las amenazas que pueden afectar a los elementos expuestos con respecto a su localización.*
- *En las exploraciones de campo se realizaron observaciones sobre el estado físico y de emplazamientos de viviendas y edificaciones dispersas existentes con la finalidad de constatar la estabilidad relativa de los terrenos que puede inferirse por el grado de conservación, edad y/o deterioro de las mismas.*

Aunque la caracterización de los terrenos no comprometía evaluaciones detalladas puntuales, se realizaron observaciones sobre el estado de los elementos expuestos edificaciones, infraestructura, cultivos y otros criterios que pudieran dar información indirecta sobre condiciones de estabilidad, sin recurrir a ensayos de laboratorio que deberán ser objeto de trabajos posteriores, una vez se tomen decisiones sobre uso o adquisición de terrenos.

ELEMENTOS EXPUESTOS. Los elementos expuestos evaluados en el estudio son constitutivos del entorno social, material y ambiental representado por las personas y por los recursos, servicios, infraestructura y ecosistemas que pueden ser afectados por cada uno de los fenómenos naturales caracterizados y asociados (MAVDT, 2005).

En este aspecto, se determinó el tipo de elementos que podrían ser afectados por procesos asociados a las amenazas caracterizadas para el suelo rural y consistió en clasificar los elementos expuestos en categorías, agrupando edificaciones, estructuras y sistemas con un mismo nivel de importancia y necesidad o función dentro de una comunidad o población, mediante conteo, ubicación y/o georreferenciación de los mismos de acuerdo con la clasificación en cinco (5) grandes grupos (A, B, C, D, E - Figura 3-50) y que se describen de manera general a continuación:

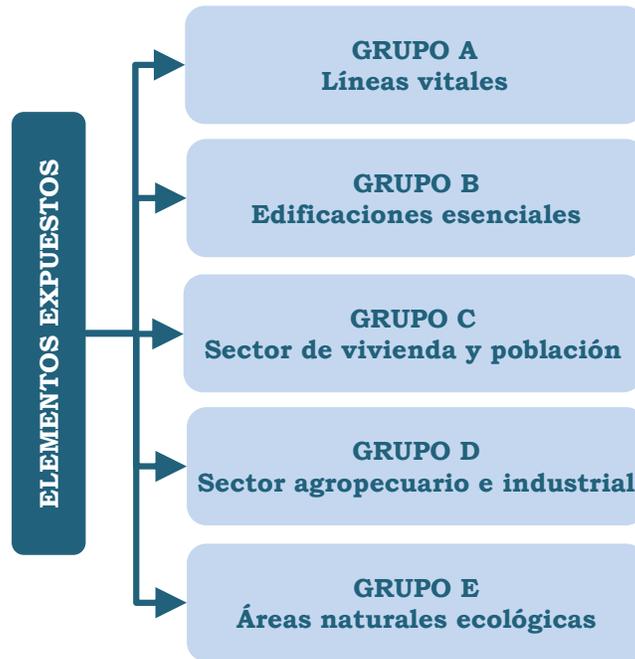


Figura 3-50. Clasificación de los Elementos Expuestos.

3.1.3.4.1. Grupo A: Líneas Vitales

En el grupo A, clasifican todos aquellos sistemas lineales vitales, que se interconectan entre sí para prestar funciones de movilidad, el transporte, almacenamiento, abastecimiento, distribución y eliminación. En la Figura 3-51 se presenta su clasificación.

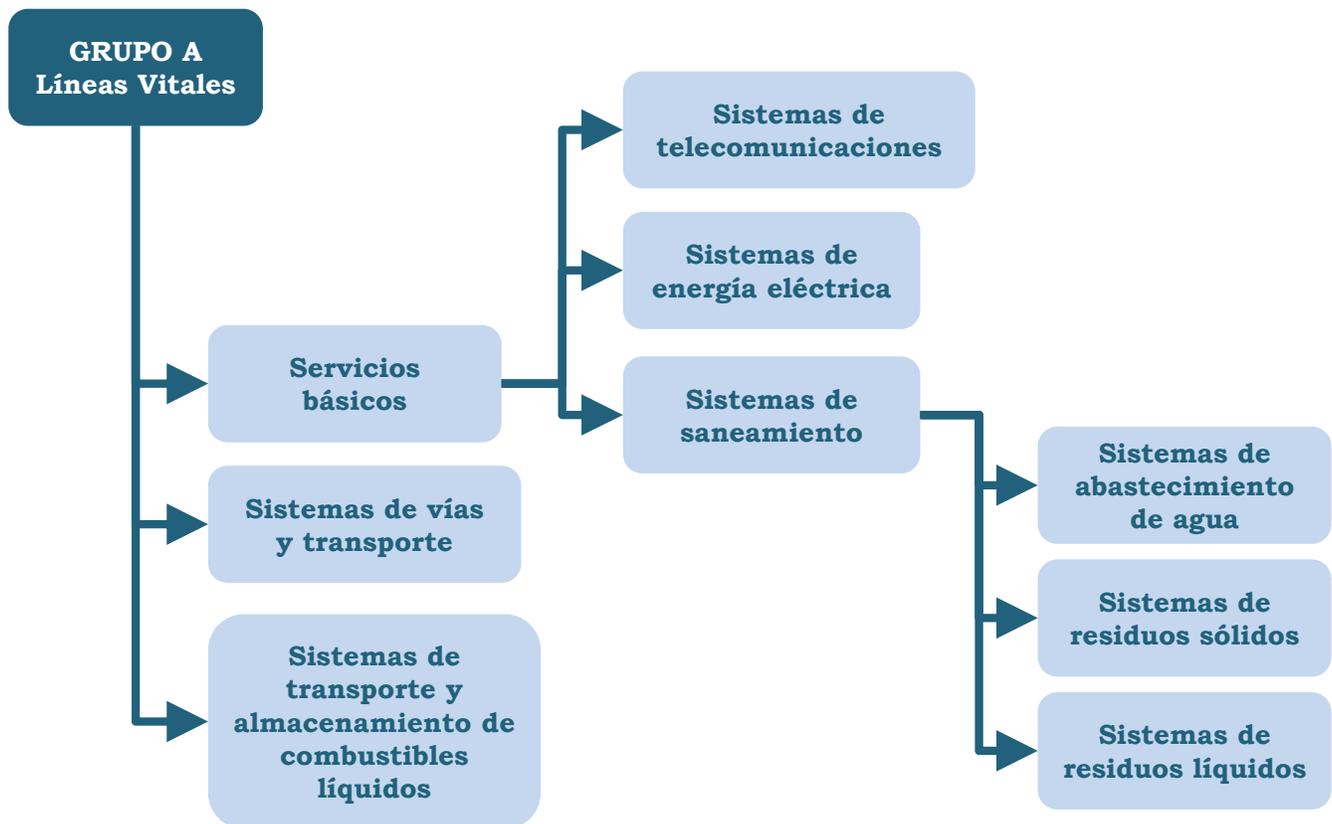


Figura 3-51. Clasificación de Líneas Vitales.

Para el caso del suelo rural del Grupo A se encuentran líneas vitales relacionadas con servicios básicos como son el relleno sanitario Henequén, Los Pocitos y la laguna de oxidación (o sistema de residuos sólidos líquidos), líneas de transmisión eléctrica, gasoductos, etc. También dentro de este grupo se resaltan las vías que interconectan a los municipios de Barranquilla, Galapa, Baranoa, Tubará y Puerto Colombia. (Figura 3-52)



Figura 3-52. Mapa de Líneas Vitales

3.1.3.4.2. Grupo B. Edificaciones esenciales.

En el grupo B, se clasifican las edificaciones esenciales (Figura 3-53), que han sido diseñadas para prestar un servicio público, las cuales se dividen en tres categorías según su nivel de uso: (i). Indispensables (para preservar la vida y la salud); (ii). de atención a la comunidad (emergencias y seguridad); (iii). estructuras y edificaciones de uso especial (instalaciones de uso masivo).

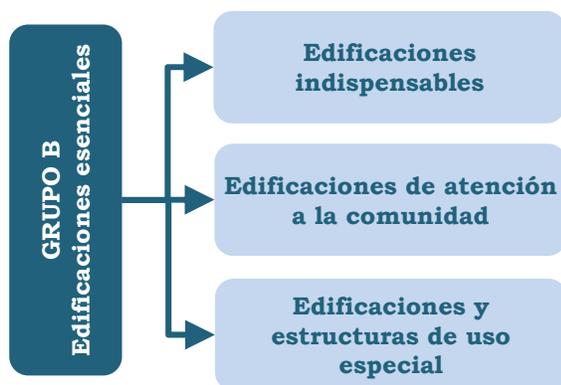


Figura 3-53. Clasificación de Edificaciones Esenciales

La información técnica disponible en los planes de ordenamiento territorial, no permite identificar el uso individual que se le da a cada instalación o infraestructura urbana. Por esta razón no se incluye dentro del análisis el Grupo B correspondiente a Edificaciones Esenciales. (Figura 3-53).

Para poder analizar la vulnerabilidad de los elementos que conforman el Grupo B es importante contar con información detallada de los planes de ordenamiento territorial, en los cuales se especifique a nivel predial, el uso que tiene cada uno de ellos. En la medida que la información disponible presente un nivel mayor de detalle, el análisis y procesamiento de la misma permitirá obtener resultados de mayor aplicabilidad en el análisis de la vulnerabilidad y por consiguiente en el manejo del riesgo asociado al elemento estudiado.

3.1.3.4.3. Grupo C. Sectores de vivienda y población.

En el grupo C, clasifican el sector vivienda y población, el cual agrupa a las edificaciones de uso habitacional y residencial, así como a la población en general (Figura 3-54).



Figura 3-54. Clasificación de Vivienda y Población

Se incluyeron las áreas urbanas y de expansión urbana de los municipios que se encuentran localizados en el área de la cuenca hidrográfica Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León. Así mismo, se encontraron viviendas campesinas dispersas con características propias de viviendas del suelo rural, y algunas dedicadas actividades comerciales en muy baja proporción. (Figura 3-55).



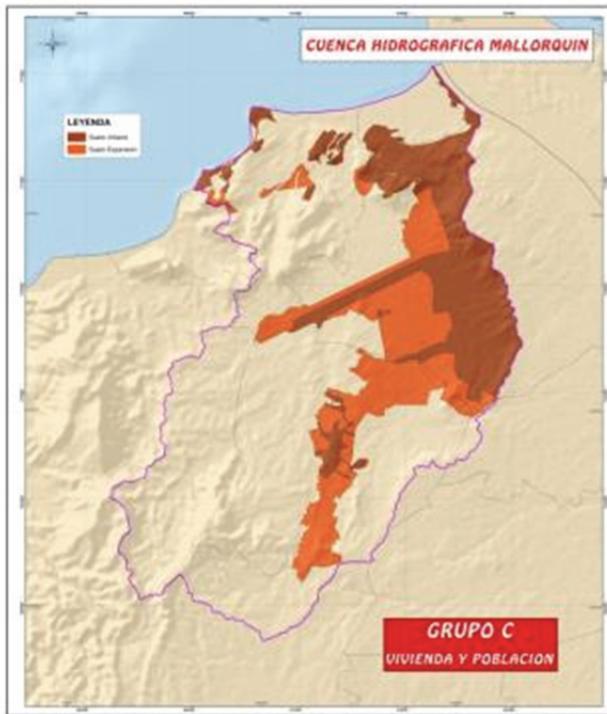


Figura 3-55. Mapa Sector Vivienda y Población



Figura 3-57. Mapa Sector Vivienda y Población

3.1.3.4.4. Grupo D. Sector agrícola, pecuario e industrial

En el grupo D, clasifican los sectores del sector agrícola, pecuario e industrial de la zona de estudio, en la Figura 3-56 se muestra su clasificación.

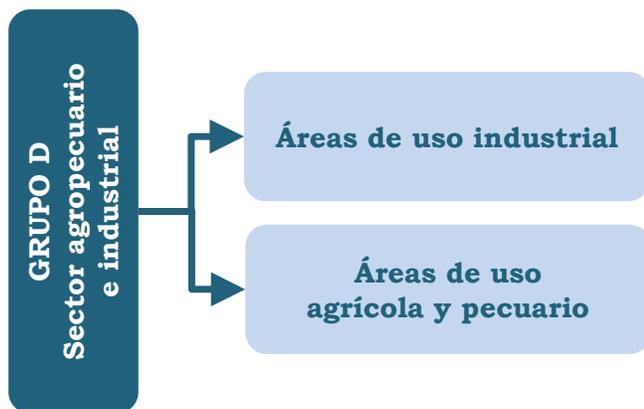


Figura 3-56. Clasificación del Sector Agropecuario e Industrial

3.1.3.4.5. Grupo E. Áreas naturales y Ecológicas

En el grupo E, clasifican las áreas naturales y ecológicas, conformadas por el bosque, la flora y la fauna, (Figura 3-58) así como los cuerpos de agua de toda área de estudio.

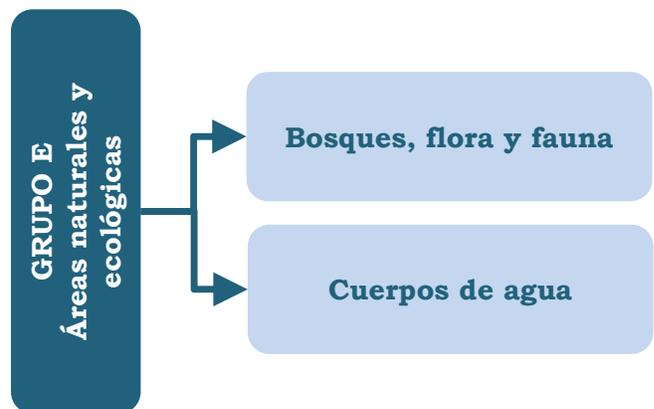


Figura 3-58. Clasificación de las Áreas Naturales y Ecológicas

En este grupo se consideró todo el suelo rural de la cuenca hidrográfica Ciénaga de Mallorca y los Arroyos Grande y León, incluyéndose actividades tales como minería, pesca, recreación y turismo. (Figura 3-57)

En este grupo se incluyeron las áreas que poseen importancia ambiental, la cuales fueron obtenidas a partir del procesamiento de sensores remotos (uso y cobertura). (Figura 3-59)

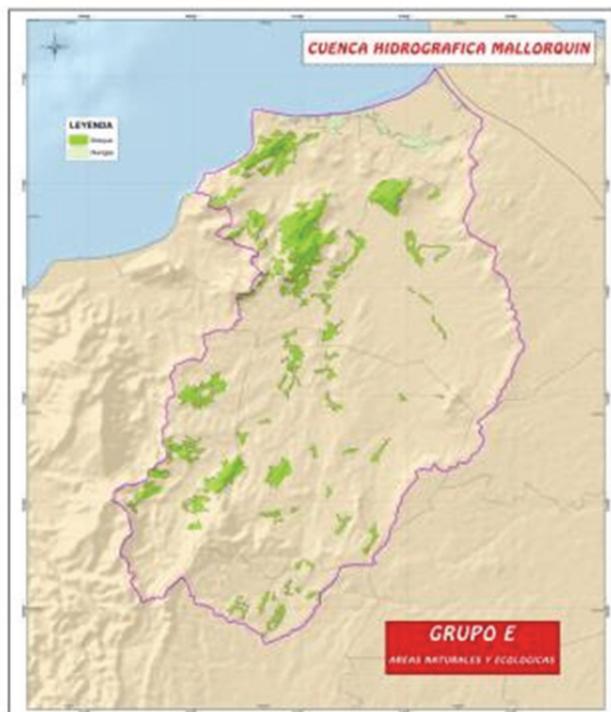


Figura 3-59. Mapa de las Áreas Naturales y Ecológicas

Existen diversas metodologías que pueden ser aplicadas a la medición, estimación y cálculo de la vulnerabilidad física a fenómenos naturales, entre ellos están por ejemplo, los métodos determinísticos, mediante ensayos de laboratorio; los empíricos por el análisis de ocurrencias y experiencias anteriores (causalidad vs efectos) y los de opinión experta, cuando no se dispone de información directa. Sin embargo, su aplicación depende en primera instancia de factores como la escala, el objeto de estudio, la información disponible, la experiencia de los investigadores – “el criterio experto” y los recursos humanos y tecnológicos.

La metodología aplicada en este estudio para la evaluación de vulnerabilidad, es de nivel intermedio, es decir, semi-cuantitativa, sin llegar al detalle de análisis numéricos del comportamiento estructural de los elementos expuestos (p.ej., de edificaciones individuales, sistemas productivos y comunitarios, infraestructura, etc.), pero buscando identificar vulnerabilidades genéricas y comunes por sectores, áreas y componentes de los elementos expuestos evaluados.

En términos generales se cuenta con una aproximación heurística, la cual combina el inventario de elementos, con el “criterio de experto”, el cual fue directo (obtenido en campo) y suma de pesos asignados a las variables que definen la vulnerabilidad en la interacción entre los fenómenos naturales analizados vs los elementos expuestos. El riesgo como impacto económico potencial no se evalúa en nuestro modelo.

3.1.3.5. Modelamiento de la vulnerabilidad

Mediante herramientas SIG, las áreas con amenazas se convirtieron en una representación espacial con valores que se ingresaron a la base de datos (Tabla 3-25). Estos valores se convirtieron en estimativos de peso específico para cada grado de amenaza establecida. Así mismo, a la vulnerabilidad le fueron asignados valores en consideración con el grado de exposición y resiliencia de los elementos expuestos y de acuerdo con los resultados obtenidos en la visita de campo. Debido a que los periodos de recurrencia de los fenómenos amenazantes no fueron establecidos en los mapas de amenaza de la CRA, este factor no se tuvo en cuenta en el análisis de vulnerabilidad.

Tabla 3-25. Criterios de Calificación de Valores para la Amenaza y la Vulnerabilidad

VULNERABILIDAD		AMENAZA	
0	No Vulnerable	0	Sin Amenaza
1	Muy baja	1	Muy baja
2	Moderadamente bajo	2	Moderadamente baja
3	Baja	3	Baja
4	Moderada	4	Moderada
5	Moderadamente alta	5	Moderadamente alta
6	Alta	6	Alta
7	Muy Alta	7	Muy Alta

Debido a que las intervenciones sobre el territorio son menores y el número de los elementos expuestos es muy bajo, una vez terminado el recorrido de campo fue necesario reclasificar la Tabla 3-25, con el fin de obtener áreas homogéneas, ver Tabla 3-26.

Tabla 3-26. Reclasificación de Valores para la Amenaza y la Vulnerabilidad

Calificación Final		VULNERABILIDAD		Calificación Final		AMENAZA	
0	No Vulnerable	0	Sin Amenaza	0	Sin Amenaza	0	Sin Amenaza
1	Muy baja	1	Muy baja	1	Muy baja	1	Muy baja
2	Moderadamente bajo	2	Moderadamente bajo	2	Moderadamente baja	2	Moderadamente baja
3	Baja	3	Baja	3	Baja	3	Baja
4	Moderada	4	Moderada	4	Moderada	4	Moderada
5	Moderadamente alta	5	Moderadamente alta	5	Moderadamente alta	5	Moderadamente alta
6	Alta	6	Alta	6	Alta	6	Alta
7	Muy Alta	7	Muy Alta	7	Muy Alta	7	Muy Alta

A partir de lo anterior, y teniendo en cuenta los resultados de las visitas de campo, y de acuerdo a las diferentes tipos de vulnerabilidad, se le asignaron valores de peso de Vulnerabilidad a los elementos expuestos a los fenómenos amenazantes, (Tabla 3-27), se obtuvo la siguiente ponderación de vulnerabilidad para el inventario:

Tabla 3-27. Matriz de Asignación de Valores para la Amenaza y la Vulnerabilidad

GRUPOS	Uso	VULNERABILIDAD														
		Inundación			Erosión			Incendios Forestales			Sismicidad			Remoción en Masa		
		SUELO			SUELO			SUELO			SUELO			SUELO		
	Expansión	Rural	Urbano	Expansión	Rural	Urbano	Expansión	Rural	Urbano	Expansión	Rural	Urbano	Expansión	Rural	Urbano	
A	Acueducto	3	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	2	2
	Acueducto y Alcantarillado			1			1		1				3			2
	Alcantarillado	3	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	2	2
	Alcantarillado y Planta Tratamiento	3			1			3			3			3		
	Eléctrica	3	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	2	2
	Eléctrica y Alcantarillado	3		1	1		1	3		3	3		3	3		
	Eléctrica y Acueducto			1			1			3			3			2
	Planta de Tratamiento	2	2	2	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Relleno Sanitario	2	2	2	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3
A-E	Acueducto y Bosque Ripario	3		2	2		2	3		3	3		3	3		2
	Acueducto y Bosque Denso			2			2			3			3			2
	Acueducto y Manglar Denso			2			2			3			3			2
	Alcantarillado y Bosque Ripario	3			2			3			3			3		
	Alcantarillado y Manglar Denso			2			2			3			3			2
	Eléctrica, Alcantarillado y Bosque Ripario	3			2			3			3			3		
	Eléctrica y Bosque Ripario	3			2			3			3			3		
	Planta de Tratamiento y Bosque Ripario	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Relleno Sanitario y Bosque Ripario	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
C	Suelo Expansión	3			1			2			3			3		
	Suelo Urbano			3			1			3			3		3	
C-E	Bosque Ripario y Suelo Expansión	3			2			3			3			3		
	Bosque Ripario y Suelo Urbano			2			2			3			3		2	
	Bosque Denso y Suelo Expansión	3			2			3			3			3		
	Bosque Denso y Suelo Urbano			2			2			3			3		2	
D	Suelo Rural		1			2			1			1			1	
E	Bosque Ripario	2	2		3	3		3	3		2	2		2	2	
	Bosque Denso	2	2		3	3		3	3		3	3		2	2	
	Manglar Denso	2	2		3	3		3	3		2	2		2	2	
	Vegetación Secundaria Alta	2	2		3	3		3	3		2	2		2	2	

Para la elaboración de los mapas de vulnerabilidad, se toma como base el mapa de uso y cobertura y teniendo cuenta el grado de exposición de estos elementos de acuerdo con los mapas de amenaza y los pesos de vulnerabilidad mostrados en la Tabla 3-26 y Tabla 3-27. En tal sentido fueron elaborados mapas de vulnerabilidad por incendios forestales (Figura 3-60), inundación (Figura 3-61), remoción en masa (Figura 3-62), sismicidad (Figura 3-63) y por erosión (Figura 3-64).

3.1.3.5.1. Vulnerabilidad por incendios forestales

En el mapa de vulnerabilidad por Incendios Forestales, Figura 3-60, se observa que la vulnerabilidad baja se concentra en el sector rural de la cuenca en la que no se presentan coberturas ambientalmente importantes

La vulnerabilidad media de acuerdo con los valores obtenidos se localiza en la parte correspondiente a suelo de expansión urbana.

La vulnerabilidad alta se concentra en el sector urbano de la cuenca y en zonas rurales y/o de expansión que presentan coberturas con importante oferta ambiental, así mismo zonas de particular manejo como el relleno sanitario Los Pocitos y el antiguo relleno El Henequén.

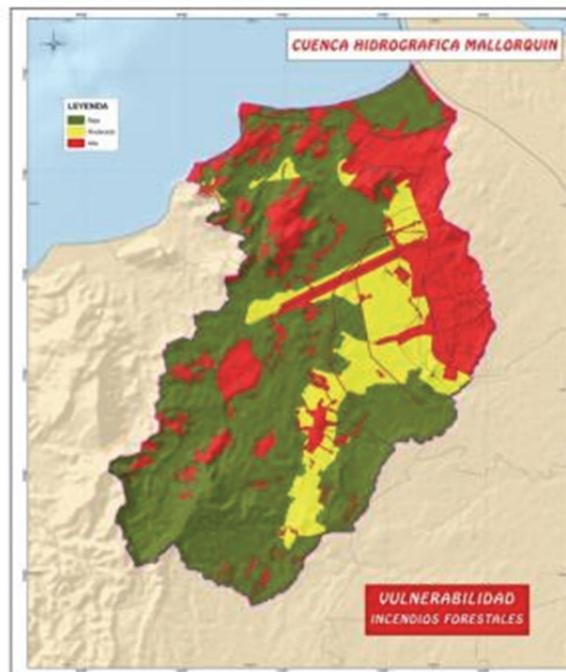


Figura 3-60 . Vulnerabilidad por Incendios Forestales

3.1.3.5.2. Vulnerabilidad por inundaciones

En el mapa de vulnerabilidad por inundaciones (Figura 3-61), se observa el predominio de la vulnerabilidad Baja aunque se aprecian porcentuales importantes de vulnerabilidad media y alta.

La vulnerabilidad media de acuerdo con los valores obtenidos se localiza en la parte occidental del área de estudio correspondiendo a zonas con oferta ambiental importante e infraestructura de servicios públicos.

La vulnerabilidad alta se concentra en el suelo urbano y de expansión de la cuenca incluyéndose algunas facilidades de servicios públicos sensibles al fenómeno de la inundación (plantas de tratamiento, etc.).

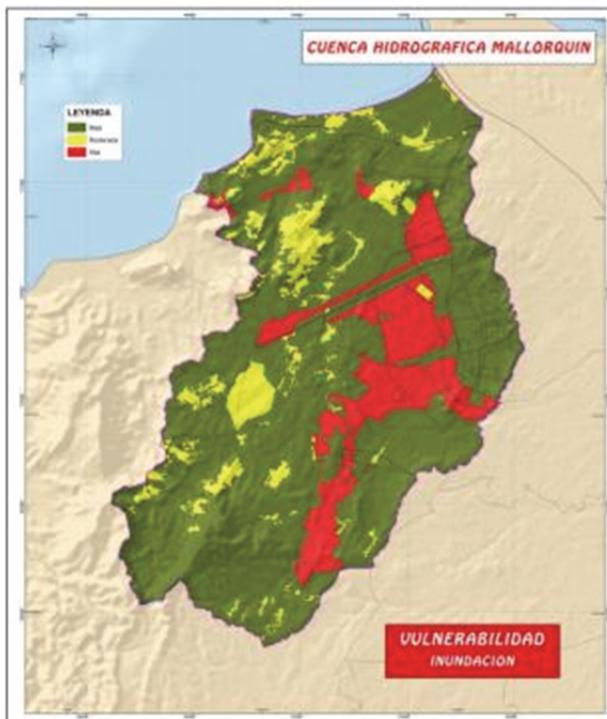


Figura 3-61 . Vulnerabilidad por Inundación

3.1.3.5.3. Vulnerabilidad por remoción en Masa

La mayoría del área de estudio se encuentra en vulnerabilidad baja y en media, Figura 3-62. La vulnerabilidad alta por remoción en masa se concentra en muy pequeños sectores, presentes en su mayoría en el suelo urbano y de expansión urbana e infraestructura de servicios públicos.

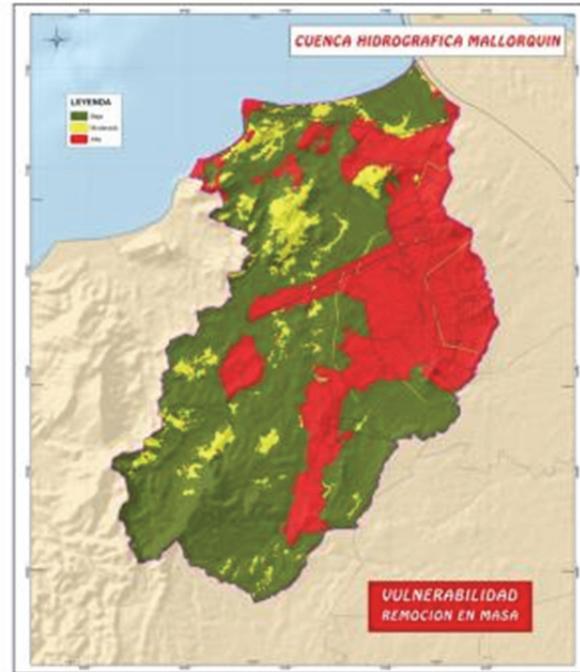


Figura 3-62 . Vulnerabilidad por Remoción en Masa

3.1.3.5.4. Vulnerabilidad por Sismicidad

La vulnerabilidad por Sismicidad es muy similar a la de Remoción en Masa, toda vez que se afecta la misma infraestructura y los mismos servicios eco sistémicos. En la Figura 3-63 se muestra que la vulnerabilidad para el área de estudio.

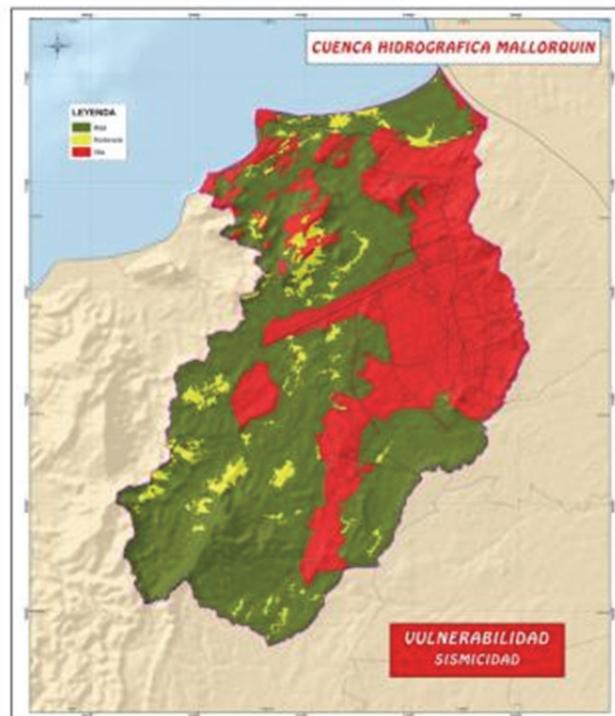


Figura 3-63 . Vulnerabilidad por Sismicidad

3.1.3.5.5. Vulnerabilidad por Erosión

Predomina la vulnerabilidad Baja y Media toda vez que las afectaciones del fenómeno de erosión no inciden en las áreas urbanas y de expansión del área de la cuenca, Figura 3-64, como tampoco hay mayor afectación a la oferta ambiental existente, la cual es representada como vulnerabilidad Alta.

La vulnerabilidad Alta está directamente relacionada con las áreas que presentan oferta de servicios ambientales o importancia ambiental.

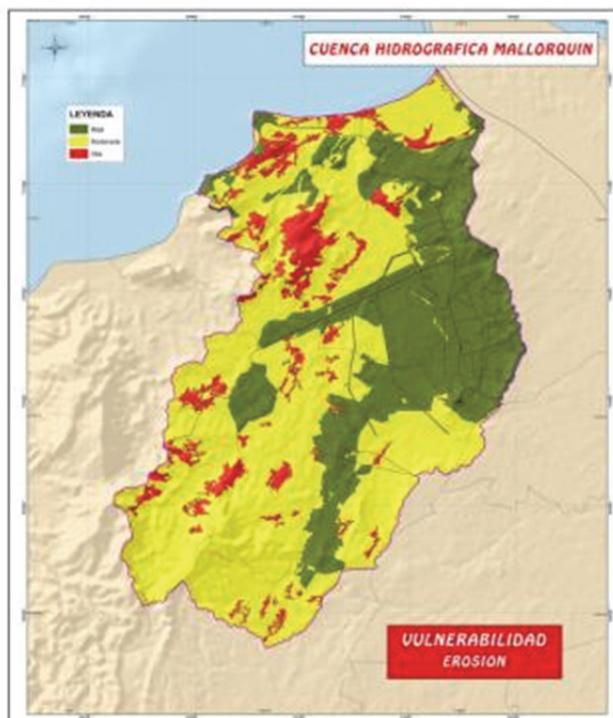


Figura 3-64 . Vulnerabilidad por Erosión

3.1.3.6. Valoración del Riesgo

Los modelos probabilísticos de amenazas y riesgos no siempre son fáciles de entender, ni apropiados para ser asimilados por todos los diversos sectores expuestos o interesados (ej. seguros, familias, organismos) pero la Estadística y Probabilidades es lo único que dispone la matemática para tratar y representar hechos y procesos inciertos (por falta de conocimiento o por limitaciones y errores en los datos). Para amenazas y riesgos de interés vital para todos los organismos, comunidades e individuos, preguntarse si un solo modelo sirve para todos. Se podría concluir que una afirmación como 'existe una probabilidad del 50% de perder el elemento X' expuesto a la ocurrencia del fenómeno Y' es entendible y aplicable por una empresa de seguros (cubierta con un cúmulo de activos de respaldo), pero poco práctica para una familia que solo tiene un bien (vivienda) expuesto. Evidentemente, la información y educación pública es una componente importante en la aplicación social de evalua-

ciones de riesgo y selección de medidas de mitigación.

Para suelo rural del área de la Cuenca Hidrográfica de la Ciénaga de Mallorca y los Arroyos Grande y León se estimó un modelo holístico para el cálculo del riesgo aceptable, considerando que las decisiones sobre el riesgo aceptable son el producto de la conjugación de variables técnicas, económicas, sociales y políticas al interior de la comunidad, que constituyen un escenario de riesgo. Lo anterior se expresa en la siguiente ecuación conceptual propuesta por Meyer y Velásquez (1994) de:

$$R = A \times V$$

Dónde:

R: Riesgo

A: Amenazas Naturales

V: Vulnerabilidad, Exposición y Resiliencia (visita de campo)

De este conjunto de variables, finalmente, para incorporar en este primer modelo se dispone de A (Amenazas) y V (grado de exposición). Los costos fueron considerados atendiendo, por ejemplo, a valores de reposición parcial o total para viviendas según el precio de vivienda de interés social o valores disponibles en el catastro municipal.

A continuación se consigna la matriz de calificación para asignación de riesgos cualitativos (Tabla 3-28):

Tabla 3-28. Matriz cualitativa para la calificación del riesgo

RIESGO		AMENAZA		
		Baja (1)	Media (2)	Alta (3)
VULNERABILIDAD	Baja (1)	Riesgo Bajo (1)	Riesgo Bajo (2)	Riesgo Medio (3)
	Media (2)	Riesgo Bajo (2)	Riesgo Medio (4)	Riesgo Alto (6)
	Alta (3)	Riesgo Medio (3)	Riesgo Alto (6)	Riesgo Muy alto (9)

Usando la matriz de calificación de la Tabla 3-28, y mediante el cruce de mapas de amenaza y vulnerabilidad en el SIG, fueron obtenidos los mapas de riesgo por remoción en masa (Figura 3-65), inundación (Figura 3-66), incendios forestales (Figura 3-67), por sismicidad (Figura 3-63) y por erosión (Figura 3-69).

3.1.3.6.1. Riesgo por Remoción en Masa

Para la evaluación del riesgo por remoción en masa, se evaluó la exposición de los elementos seleccionados del área de la cuenca hidrográfica de la Ciénaga de Mallorca y los Arroyos Grande y León.

Estas áreas se cruzan con el mapa de amenazas por remoción en masa, (Figura), y el mapa de vulnerabilidad (Figura 3-62) para obtener el mapa de Riesgo por Remoción en Masa que se presenta en la Figura 3-65 y donde se muestra el cruce cualitativo de los mapas de vulnerabilidad y amenaza para establecer las clases de riesgo. Las zonas de riesgo Muy Alto y Alto son escasas y solo se localizan en la zona nor-occidental y en pequeños sectores del suelo rural, incluyéndose la zona en la cual se localiza en relleno sanitario Los Pocitos. Las zonas de riesgo medio se encuentran localizadas en el sur-occidente distribuidas en suelo rural la mayoría de estas áreas y suelo de protección rural; en menor proporción encontramos áreas con vulnerabilidad media en el suelo de expansión en sectores aledaños al suelo urbano.

Una vez determinada la posibilidad de disminuir bien sea la amenaza o la exposición en estos sectores por medio de obras de mitigación y/o prevención se concluye que el riesgo aquí determinado es Mitigable de acuerdo a los lineamientos establecidos en la Serie Ambiente y Ordenamiento Territorial Instructivo 3.

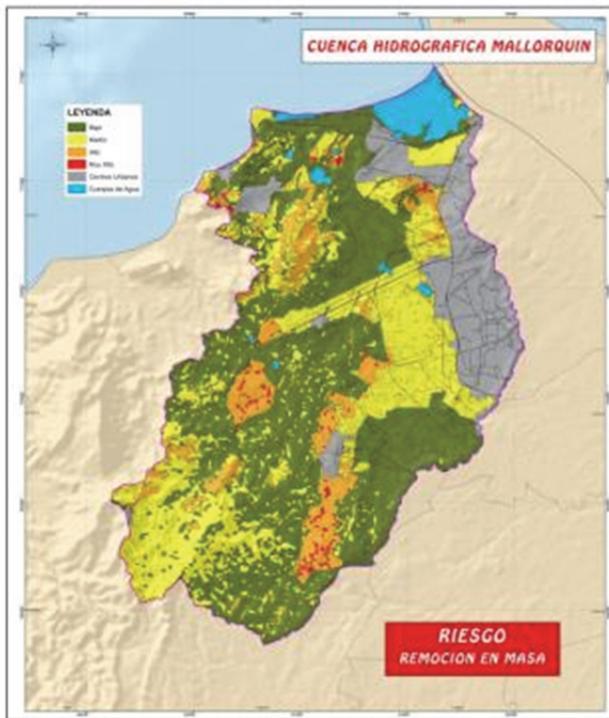


Figura 3-65 . Riesgo por remoción en masa

3.1.3.6.2. Riesgo por Inundación

El mapa de riesgo por inundaciones se hizo mediante el cruce del mapa de amenazas por inundaciones (Figura) con el mapa de vulnerabilidad (Figura 3-66) y en este cruce se establecen las zonas de riesgo por inundaciones y encharcamientos Figura 3-66 y donde se muestra el cruce cualitativo de los mapas de vulnerabilidad y amenaza para

establecer las clases de riesgo. Las zonas con riesgo muy alto, solo se presentan principalmente en cercanías de arroyos que atraviesan el suelo de expansión urbana.

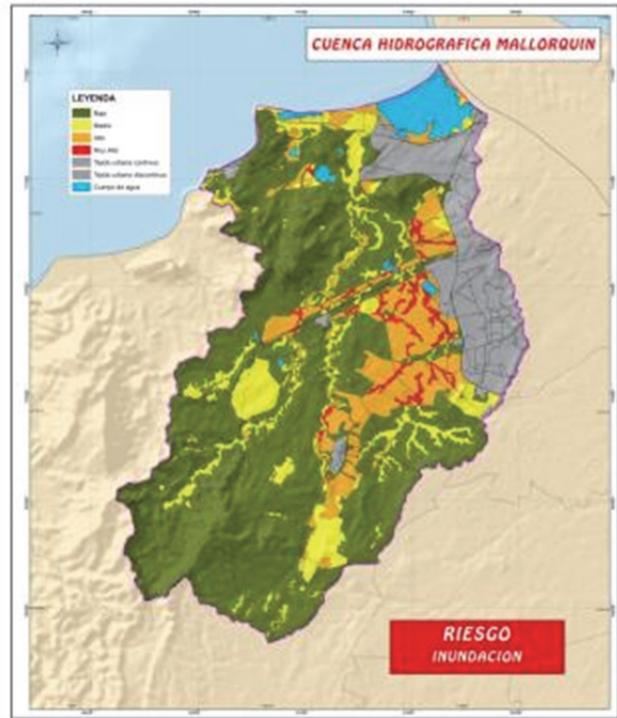


Figura 3-66 . Riesgo por Inundación

En atención a que dicho riesgo se puede clasificar como Mitigable se recomienda para el desarrollo del Plan Parcial de los suelos de expansión condicionar dicho uso e intervención al resultado de estudios hidrológicos e hidráulicos que demarquen las manchas de inundación a una escala muy detallada y las obras necesarias para su mitigación.

3.1.3.6.3. Riesgo por Incendios Forestales

Para la elaboración del riesgo por incendios forestales se evaluó la exposición de los elementos seleccionados del área de la cuenca hidrográfica de la Ciénaga de Mallorca y los Arroyos Grande y León. Estas áreas se cruzan con el mapa de amenazas por incendios forestales (Figura) y el mapa de vulnerabilidad (Figura 3-60) para obtener el mapa de Riesgo que se presenta en la Figura 3-67, donde se muestra el cruce cualitativo de los mapas de vulnerabilidad y amenaza para establecer las clases de riesgo.

En el mapa de riesgo por incendios forestales (Figura 3-67), se observa que el riesgo bajo y medio se concentra en el sector nor-occidental en la periferia del suelo urbano, donde no hay continuidad de las construcciones. Con viviendas que no superan alturas entre 3 y 6 m.

El riesgo alto de acuerdo con los valores obtenidos se localiza en la parte central y sur-occidental del área de estudio coincidiendo con la mayoría del suelo de expansión, en donde se observan enclaves urbanos como es el caso de la urbanización Villa San Pablo la cual se caracteriza por una tipología de vivienda multifamiliar con alturas que varían hasta los 15 m y cuya densidad poblacional es propia del suelo urbano.

El riesgo muy alto y alto se concentra en el sector centro y nor-occidental, en gran porcentaje en el suelo clasificado como de expansión suelos con elevada oferta ambiental. Con particular énfasis en la zona colindante con la ciénaga de Mallorcaín.

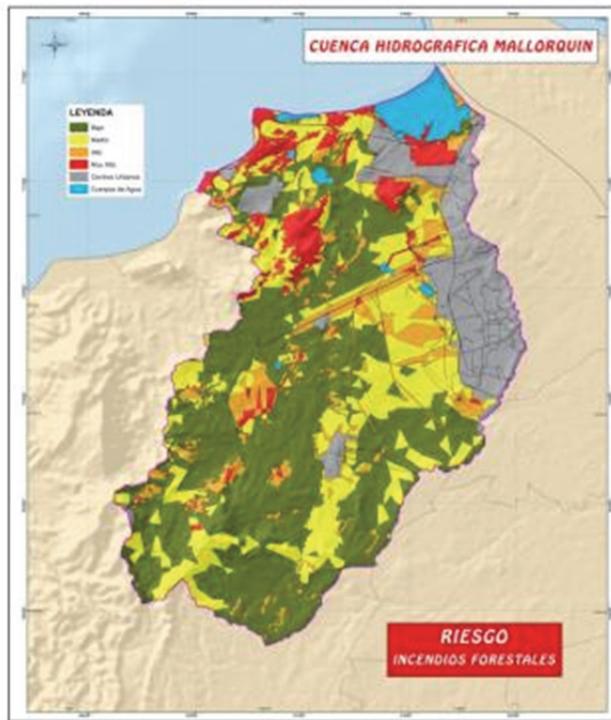


Figura 3-67 . Riesgo por Incendios Forestales

3.1.3.6.4. Riesgo por Sismicidad

En la Figura 3-68, se muestra el mapa resultante de riesgo por sismicidad del suelo rural del municipio de Barranquilla, que se obtuvo multiplicando el mapa de amenaza por sismicidad de la Figura y el mapa de vulnerabilidad de la Figura 3-63, y de acuerdo con la de la matriz de calificación del riesgo (Tabla 3-28). El mapa resultante de riesgo muestra en casi toda la extensión del suelo rural y de expansión del municipio de Barranquilla un riesgo bajo, y solo un pequeño sector con riesgo medio en el área más nororiental del suelo de expansión urbana.

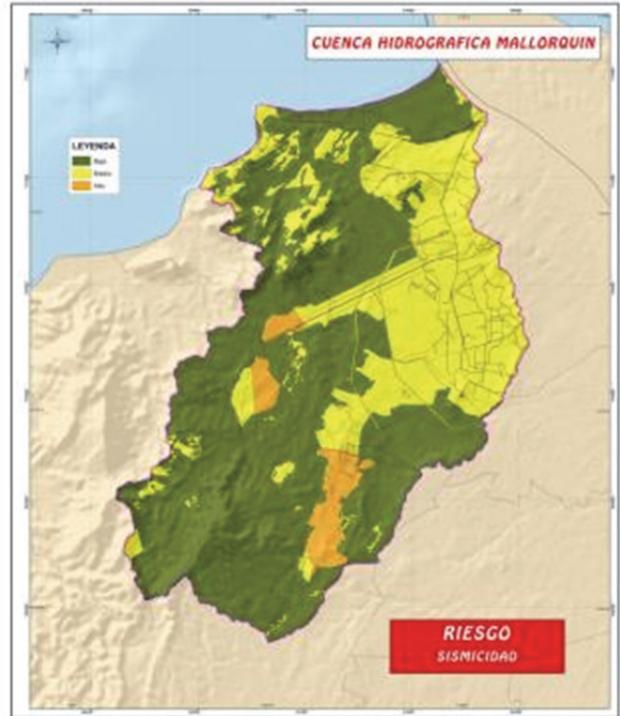


Figura 3-68 . Riesgo por Sismos

3.1.3.6.5. Riesgo por Erosión

En la Figura 3-69, se muestra el mapa resultante de riesgo por Erosión del área de la cuenca hidrográfica de la Ciénaga de Mallorcaín y los Arroyos Grande y León, que se obtuvo multiplicando el mapa de amenaza por Erosión de la Figura y el mapa de vulnerabilidad de la Figura 3-64, y de acuerdo con la de la matriz de calificación de la tabla Y. El mapa resultante de riesgo muestra en casi toda la extensión de la cuenca un riesgo bajo, y solo sectores occidentales de la cuenca pequeño sector con riesgo medio y alto de manera muy aislada.



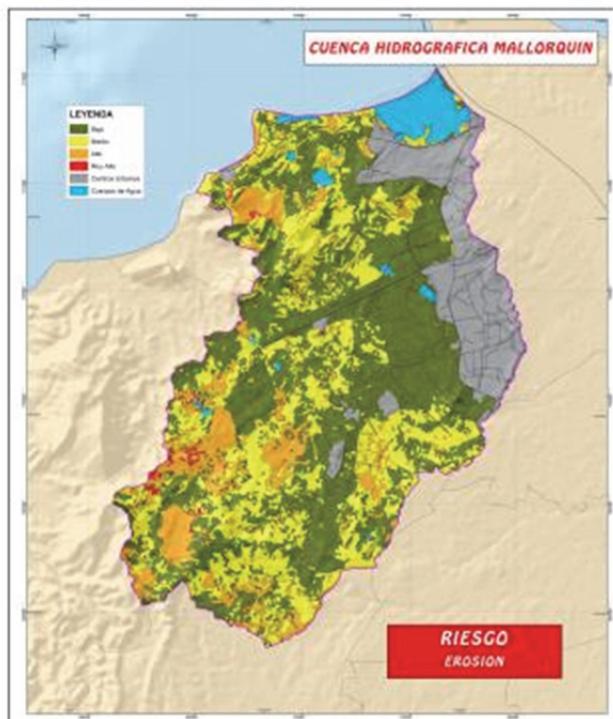


Figura 3-69 . Riesgo por Erosión

3.1.3.6.6. Ordenamiento territorial - fichas normativas

Desde el punto de vista del ordenamiento territorial no todas las amenazas son realmente relevantes en la definición de los usos del suelo; es decir, no todos los fenómenos tienen una alta incidencia en la posibilidad de que ciertas áreas deban ser ocupadas o que se puedan realizar actividades que signifiquen la exposición permanente de activos, bienes o servicios y, sobretodo, de personas que puedan permanecer en dichas áreas consideradas como propensas a ser afectadas por fenómenos peligrosos. A este tipo de amenazas se pueden asociar fenómenos como los deslizamientos o movimientos en masa, las inundaciones, los encharcamientos, entre otros, cuya energía es tan alta que su intensidad se considera lo suficientemente severa que cualquier elemento expuesto, en términos prácticos, esté sujeto a un daño total o casi total en caso de presentarse o desencadenarse el evento peligroso.

En otras palabras, estar expuesto en las áreas propensas a este tipo de fenómenos implica un alto potencial de consecuencias o una situación de “riesgo”. Por esta razón, la zonificación de amenazas de este tipo se traduce en términos prácticos en una zonificación del riesgo, sea porque ya exista algo expuesto o porque algo pueda estar expuesto en ese sitio en el futuro. Esta es la razón fundamental por la cual la Ley 388 de 1997, de desarrollo territorial, se refiere a que es necesario identificar las zonas de amenaza y riesgo como determinante o estructurante del ordenamiento territorial y con

finde de prevención de desastres (hoy entendida como gestión del riesgo de desastres de acuerdo con la Ley 1523 de 2012 y en la cual se definen claramente conceptos como amenaza, vulnerabilidad, riesgo, intervención correctiva e intervención prospectiva).

En atención a lo anterior de la evaluación y zonificación del riesgo se pueden derivar intervenciones o vocaciones del territorio en un plazo determinado y en un tratamiento correspondiente. Es importante tener en cuenta que los niveles de amenaza y riesgo son en cualquier caso relativos y que la definición de si un riesgo es mitigable o no, también es una definición relativa que depende no sólo del grado de mitigabilidad de la amenaza y del riesgo sino de la factibilidad o decisión de llevar a cabo las intervenciones que implique la reducción o el control del nivel de amenaza existente, lo que sólo es posible de definir si se realizan estudios detallados y cuidadosos en cada caso. De esto dependerá si la vocación del suelo su uso (y sus restricciones o condicionamientos) puedan llegar a cambiar en el futuro por la modificación de nivel de amenaza o riesgo del área en consideración durante el tiempo previsto de implementación del instrumento de planificación.

En otras palabras, existe una relación directa entre la definición de los resultados de amenaza y riesgo y la propuesta o decisión en términos de restricción o condicionamientos, e incluso de exigencias o planteamientos de lo que se puede hacer en el área, razón por la cual la definición de los niveles de amenaza y riesgo no debe realizarse en forma desconectada, Aunque la realización de medidas estructurales de mitigación o prevención como obras de protección, programas de reforestación, sistemas de alerta, etc. debe ser planteada con especial cuidado para no beneficiar unas áreas en detrimento de otras. Éstas medidas deben hacer parte de las opciones que determinan la viabilidad o no de ocupar o seguir ocupando áreas propensas en algún grado de ser afectadas.

Por lo anterior, se considera fundamental no sólo establecer los niveles de riesgo antes mencionados sino las acciones que se derivan de la calificación de las áreas respectivas. Teniendo en cuenta la Clasificación del Suelo en Colombia y la clasificación de los usos del suelo, se proponen tres tipos de intervenciones asociadas a un nivel de riesgo contenidas en la Ley 1523 de 2012.

Intervención: Corresponde al tratamiento del riesgo mediante la modificación intencional de las características de un fenómeno con el fin de reducir la amenaza que representa o de modificar las características intrínsecas de un elemento expuesto con el fin de reducir su vulnerabilidad.

Intervención Correctiva: Proceso cuyo objetivo es reducir el nivel de riesgo existente en la sociedad a través de acciones de mitigación, en el sentido de disminuir o reducir las condiciones de amenaza, cuando sea posible, y la vulnerabilidad de los elementos expuestos.

Intervención Prospectiva: Proceso cuyo objetivo es garantizar que no surjan nuevas situaciones de riesgo a través de acciones de prevención, impidiendo que los elementos expuestos sean vulnerables o que lleguen a estar expuestos ante posibles eventos peligrosos. Su objetivo último es evitar nuevo riesgo y la necesidad de intervenciones correctivas en el futuro. La intervención prospectiva se realiza primordialmente a través de la planificación ambiental sostenible, el ordenamiento territorial, la planificación sectorial, la regulación y las especificaciones técnicas, los estudios de prefactibilidad y diseño adecuados, el control y seguimiento, y en general, todos aquellos mecanismos que contribuyan de manera anticipada a la localización, construcción y funcionamiento seguro de la infraestructura, los bienes y la población.

Para incorporar dichas intervenciones en el Ordenamiento Territorial retomaremos la Ley 388 de 1997 en su artículo 15 en el cual se establecieron **las normas urbanísticas**. Las cuales regulan el uso, la ocupación y el aprovechamiento del suelo y definen la naturaleza y las consecuencias de las actuaciones urbanísticas indispensables para la administración de estos procesos para lo cual se establecieron las categorías mostradas en la Tabla 3-29.

Por tanto, se puede concluir que las intervenciones aquí propuestas son de carácter prospectivo y se clasifican en normas urbanísticas estructurales y normas urbanísticas generales (no se desarrollan normas urbanísticas complementarias dado que no se consideró ningún riesgo como no mitigable para el área de estudio); estas normas urbanísticas deberían complementar los planes de ordenamiento territorial de los municipios de la cuenca (Tabla 3-30).

Tabla 3-29 . Normas urbanísticas y la gestión del riesgo.

NORMAS URBANÍSTICAS ESTRUCTURALES	NORMAS URBANÍSTICAS GENERALES	NORMAS URBANÍSTICAS COMPLEMENTARIAS
Definición delimitación de las zonas de amenazas y riesgos según el Documento técnico de soporte	Los usos e intensidades permitidas en áreas expuestas a riesgos mitigables	
Definición de las zonas declaradas de protección por ser áreas de alto riesgo	Definición de los instrumentos de gestión y financiación	Identificación de elementos expuestos a reubicar por encontrarse en zonas de riesgo no mitigable (medidas estructurales y no estructurales)
La clasificación de suelos de protección o las zonas definidas como de riesgo no mitigable	Las obligaciones urbanísticas a propietarios y constructores (Decreto 1469 del 2010), para el desarrollo en zonas de riesgo mitigable Las acciones para la prevención y reducción del riesgo	

Fuente: MAVDT (2005)

Tabla 3-30. Normas urbanísticas para suelo de expansión y urbano.

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	SUELO DE EXPANSIÓN Y SUELO URBANO		
	Riesgo Asociado	Normas Urbanísticas Estructurales	Normas Urbanísticas Generales
Riesgo por Remoción	No aplica para el suelo de expansión pues el riesgo por remoción se determinó como bajo		
Riesgo Alto por Inundación	Las zonas de alto riesgo serán incorporados al suelo de protección; su delimitación según el documento técnico de soporte		Su intervención está supeditada al desarrollo de estudios hidrológicos e hidráulicos, para un tiempo de retorno de 30 años, el cual debe incorporar la información hidrológica existente de referencia para la microcuenca; adjuntar los estudios hidrológicos de caudales máximos en los cuales se sigan las siguientes disposiciones: 1. No se debe utilizar el método racional y otros métodos empíricos en microcuenca con áreas aferentes mayores a 2 km ² . En su defecto se debe realizar lluvia-escorrentía o técnicas hidrológicas multimodales, en el cual se definan las curvas de fragilidad que se elabore sobre un modelo de elevación del terreno con resolución de 1 m para modelar la velo-

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	SUELO DE EXPANSIÓN Y SUELO URBANO		
	Riesgo Asociado	Normas Urbanísticas Estructurales	Normas Urbanísticas Generales
			<p>cidad y la profundidad del fenómeno que determinan la exposición de las viviendas a localizar y/o las obras a que allá lugar en los sitios críticos.</p> <p>2. En todos los casos se deberán hacer levantamientos topográficos detallados de secciones transversales que demarquen los retiros. En curvas horizontales y obras existentes mínimo 3 secciones (una al inicio, una intermedia y otra al final).</p> <p>El estudio hidráulico debe seguir las siguientes consideraciones:</p> <p>1. La longitud del tramo del río modelado en ningún caso debe ser menor a 10 veces el ancho de la corriente; se debe verificar la sensibilidad del modelo a utilizar de acuerdo con el gradiente del tramo y de ser necesario aplicar modelos bidimensionales</p> <p>2. Las áreas con exposición después del modelamiento deberán permanecer como suelos de protección de preservación estricta.</p>
Riesgo por incendios Forestales	Deben ser Delimitados para su intervención o manejo		<p>En los límites del suelo de expansión con el suelo rural que exista cobertura boscosa o arbustiva se debe establecer un área de cortafuegos el cual deberá establecerse con base a un estudio del tipo de vegetación y la carga producida ante un incendio forestal. Una vez definida dicha área cortafuegos deberá incorporarse al suelo de protección de preservación estricta.</p> <p>Mientras no se desarrolle el plan parcial se deberá contar con un plan de manejo ambiental y un plan de contingencias.</p>
Riesgo Sísmico	Su delimitación de acuerdo al documento técnico de soporte		<p>Aplicar la NSR 10 equivalente a la aplicada para el área urbana y de expansión de la cuenca con todos los requisitos establecidas para ella</p>

Para la elaboración de las fichas normativas, se evaluaron los mapas de clasificación del suelo de los planes de ordenamiento territorial de los municipios de la cuenca y los suelos de conservación y protección, estas áreas se cruzan con el mapa de riesgos para cada fenómeno natural.

En atención a lo anterior, se prepararon cinco tipos de fichas normativas en las cuales se describen las normas urbanísticas estructurales y generales para cada subcategoría del Suelo Rural: Suelo de Expansión, Vivienda Campestre, Suelo Rural - Agroindustrial y Suelo de Protección por ecosistemas estratégicos (Tabla 3-31).

Tabla 3-31. Normas urbanísticas para suelos de protección de ecosistemas estratégicos y suelo rural agro-industrial

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	SUELO DE PROTECCIÓN POR ECOSISTEMAS ESTRATÉGICOS		
	Riesgo asociado	Normas Urbanísticas Estructurales	Normas Urbanísticas Generales
Riesgo por Remoción			Adelantar las acciones para la prevención y reducción del riesgo a través de medidas de bioingeniería y revegetalización que permitan reducir la fragmentación y mejorar la integridad del ecosistema. En esta se incluye las zonas de amortiguamiento. Cuando estas áreas sean restauradas pasaran a formar parte de la zona de preservación estricta.
Riesgo por Inundación	Su delimitación de acuerdo al documento técnico de soporte		Contar con Plan de Contingencia.
Riesgo por incendios Forestales			

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	SUELO DE PROTECCIÓN POR ECOSISTEMAS ESTRATÉGICOS	
Riesgo asociado	Normas Urbanísticas Estructurales	Normas Urbanísticas Generales
Riesgo Sísmico	Suelo de Protección – Áreas de Reserva de Servicios Públicos	
		<p>Adelantar las acciones para la prevención y reducción del riesgo bajo las condiciones de compatibilidad establecidas por el Administrador de la obra y/o el servicio para los ya establecidos</p> <p>Con base en la información contenida en el POT; deben realizarse los estudios de amenazas, vulnerabilidad y riesgos necesarios para prevenir la ocurrencia de daños que afecten la habitabilidad, funcionalidad, y confiabilidad del proyecto a desarrollarse a escala 1:1000. Dichos estudios deben contener:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Identificación de amenazas o eventos potencialmente peligrosos para el área de estudio, dentro de los cuales se puede considerar: procesos de remoción en masa, fenómenos de transporte en masa especialmente a través de los cauces y líneas de drenaje del lugar, inundaciones, incendios y sismos.</i> • <i>Identificación, valoración y delimitación de los niveles de amenaza, - identificación, valoración y delimitación de los niveles de vulnerabilidad en los eventuales elementos expuestos al daño (Infraestructura asociada). – Identificación, valoración y delimitación de los niveles de riesgo.</i>
Riesgo por Inundación	Su delimitación de acuerdo al documento técnico de soporte	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Propuesta y diseño de acciones, medidas y obras de prevención, control y reducción de los niveles de riesgo definidos. En los estudios indicados, deberá analizarse y considerarse, los siguientes aspectos básicos: -aspectos geomorfológicos, aspectos geológicos, aspectos morfológicos y topográficos, aspectos hidrológicos, hidrogeológicos e hidráulicos, usos del suelo y conflictos asociados, aspectos sismológicos, aspectos geotécnicos.</i> • <i>Análisis de estabilidad de taludes, Evaluación de los niveles de vulnerabilidad, zonificación de amenazas, vulnerabilidad y riesgo, determinantes de uso y ocupación del territorio (franjas de retiro de cauces: mayores a las mínimas definidas, área a recuperar y conservar, entre otros).</i> • <i>Diseño de acciones y obras preventivas y correctivas de control y mitigación del riesgo. Dentro del área del proyecto y en el área de influencia del mismo con el fin de estudiar de manera integral fenómenos de remoción de masa, flujos de lodo entre otros factores determinantes que permitan el diseño y la implementación de alertas tempranas para el sector.</i>

Tabla 3-32. Normas urbanísticas para suelo rural – Vivienda Campestre

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	SUELO RURAL – VIVIENDA CAMPESTRE		
	Riesgo asociado	Normas Urbanísticas Estructurales	Normas Urbanísticas Generales
Riesgo por Remoción			Intervención supeditada a un estudio geológico - geotécnico el cual establezca las obras necesarias para la mitigación de la amenaza local y un retiro de amortiguamiento al menos de 20 m.
Riesgo por Inundación	Las áreas con amenaza media deben tener uso condicionado.		En la licencia de urbanismo o de construcción se debe exigir una topografía detallada del área a construir en la cual se establezca el retiro con respecto al área forestal protectora y la ronda hídrica y zona inundable.
Riesgo por incendios Forestales	Su delimitación de acuerdo al documento técnico de soporte.		Elaborar un Plan de Manejo de usos sostenible de estas áreas que incluya actividades de capacitación e implementación de buenas prácticas y conservación del paisaje natural rural (decreto 3600 de 2007).
Riesgo Sísmico	Su delimitación de acuerdo al documento técnico de soporte.		Aplicar la NSR 10 equivalente a la aplicada para el área urbana de Barranquilla con todos los requisitos establecidas para ella.

Tabla 3-33 Normas urbanísticas para suelo rural – agro industrial

Clasificación del suelo	Suelo Rural - Agroindustrial		
	Riesgo asociado	Normas Urbanísticas Estructurales	Normas Urbanísticas Generales
Riesgo por Remoción	No aplica para el suelo de expansión pues el riesgo por remoción se determinó como bajo.		
Riesgo por Inundación	Las zonas de alto riesgo serán incorporados al suelo de protección; su delimitación según el documento técnico de soporte.		En el diseño de las actividades agroindustriales se consideren los ciclos hidrológicos de corto (eventos torrenciales) y mediano periodo (niña y niño) y transferencia del riesgo (seguros, subsidios).
Riesgo por incendios Forestales	Su delimitación de acuerdo al documento técnico de soporte.		Elaborar un Plan de Manejo de usos sostenible de estas áreas que incluya actividades de capacitación e implementación de buenas prácticas y conservación del paisaje natural rural (decreto 3600 de 2007) y Plan de Contingencia de acuerdo al desarrollo agroindustrial.
Riesgo Sísmico	Su delimitación de acuerdo al documento técnico de soporte.		Aplicar la NSR 10 equivalente a la aplicada para el área urbana de Barranquilla con todos los requisitos establecidas para ella.

3.2. Zonificación

3.2.1. Introducción - Aspectos conceptuales

La zonificación es una herramienta utilizada con éxito en ejercicios de planificación ambiental para efectos de establecer usos del suelo o de los recursos naturales sobre la base de una propuesta con diferentes categorías en las que se asumen diferentes niveles de restricción o alcance.

El ordenamiento de la cuenca de la ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León no solo fue el primer ejercicio de ordenamiento de cuenca bajo la figura del Decreto 1729 de 2002, sino también uno de los primeros a nivel nacional en materializarse

con todo el procedimiento allanado¹ en el marco de una figura de comisión conjunta integrada por CRA, DAMAB y CORMAGDALENA, en la que éste último tenía asiento por disposición del decreto 1604 de 2002 de Comisiones conjuntas y por el cual, cualquier proceso de esta naturaleza que involucrara el río Magdalena (incluso a pesar de que la ciénaga no fuera parte de la Macrocuenca en el papel) debía armonizar sus políticas con este organismo.

Debe notarse, que en las diferentes etapas no se contempla la referida al ejercicio de zonificación, fundamentalmente porque el decreto no la incluía en su postulado inicial y por lo tanto no había obli-

¹ Léase aprestamiento con su declaratoria por resolución, diagnóstico, prospectiva con su publicación, y la formulación con amplia participación comunitaria e institucional base para la conformación de un consejo de cuenca.

gatoriedad de desarrollarla. No obstante la zonificación es la concreción de la esencia misma del ordenamiento pues de ella derivan y confluyen al mismo tiempo los argumentos técnicos que recogen los atributos de cada componente ambiental, los valora, pondera y articula con aquellos que establecen la dinámica antrópica de intervención del territorio tanto como aquella definida por la demanda de los recursos naturales en una región determinada.

En tal sentido, la zonificación comenzó a ser la herramienta definitiva y principal en los temas de conceptualización de la autoridad ambiental acerca de procesos de licenciamiento ambiental y aquellos provenientes de los ejercicios de ordenamiento territorial municipal, los cuales están sometidos a la figura POMCA en los artículos 17 del Decreto 1729 de 2002 (ya derogado), 10 de la Ley 388 de 1997 y el 23 del decreto 1640 de 2012, por ser norma de superior jerarquía.

Justamente el Artículo 1640 de 2012, en ese mismo artículo alude a la figura de la zonificación como indicador referente para ejercicios de formulación o ajuste de Ordenamientos territoriales y el 26 a las diferentes fases del proceso, siendo la 3 aquella referida a la prospectiva y zonificación y en el párrafo 1 del artículo 32 establece que *“como resultado de la fase de prospectiva se elaborará la zonificación ambiental, la cual tendrá como propósito establecer las diferentes unidades homogéneas del territorio y las categorías de uso y manejo para cada una de ellas”*.

Todo lo anterior sirve de contexto para anotar que la CRA actualmente enfrenta una serie de procesos por definir en materia de licenciamiento a proyectos de desarrollo importantes para la región que demandan un ejercicio más riguroso que permita conceptualizar de mejor manera en materia de administración de los recursos naturales de su jurisdicción que se unen a lineamientos claros de política ambiental, los cuales además están en concordancia con el fundamento metodológico de los ciclos crecientes, en el que se admiten ajustes y revisiones del Plan por coyunturas importantes que ameriten cambios o aquel supuesto lógico de ir mejorando el nivel de resolución de los ejercicios, como también por el mandato del Decreto 1640 ya referido en su artículo 21, en el que se determina la escala 1 :25.000 para las cuencas que hacen parte de las zonas hidrográficas o macrocuencas Caribe y Magdalena -Cauca- como referente de trabajo.

El ordenamiento de una cuenca tiene por objeto principal el planeamiento del uso y manejo sostenible de sus recursos naturales renovables, con el propósito de mantener o restablecer un adecuado equilibrio entre la intervención de estos y la conservación de la estructura físico biótica del área de influencia. Constituye el marco para planificar el uso sostenible del área de influencia y la ejecución

de programas y proyectos específicos dirigidos a proteger o prevenir el deterioro ambiental.

Por tal motivo, este proceso enfatiza en los requerimientos de uso y manejo de los recursos y el desarrollo sostenible, posicionándolo así como el elemento más estratégico y medular. Por consiguiente, con el fin de garantizar un ordenamiento enfocado hacia el desarrollo sostenible, la Zonificación Ambiental debe ser la síntesis de la dinámica territorial del área objeto de planificación, con base en la caracterización de los componentes físico, biótico, social, económico y de vulnerabilidad, representados en unidades homogéneas de uso y manejo. La estructura ambiental de la cuenca es el soporte para su desarrollo económico y social, por tanto, la zonificación debe contener un enfoque ecosistémico basado en un sistema espacial, estructural y funcionalmente interrelacionado, de vital importancia para el mantenimiento del equilibrio ambiental en el territorio.

CONAM, 1999, establece que la zonificación es en esencia un proceso dinámico de carácter interdisciplinario y participativo entendiendo, que son necesarias las demandas y aspiraciones de la población del territorio objeto de planificación que en alguna medida puede verse afectado por las decisiones que se tomen en virtud del ejercicio, el cual por tanto puede ser cambiado dependiendo de las tendencias del desarrollo (como es el caso de la cuenca de Matorquín y Arroyos Grande y León).

3.2.2. Modelo referente (Zonificación 2007)

3.2.2.1. Criterios

El modelo del ejercicio de 2007 generado por la comisión conjunta (CRA, CORMAGDALENA – DAMAB) estableció en su momento unos referentes sobre aspectos básicos de priorización con base en la equidad, sostenibilidad, productividad y sinergia. Estos 4 elementos conforman la integralidad de la gestión en una área a planificar y definen los diferentes roles y/o necesidades de usuarios de recursos (Figura 3-70).



ESQUEMA DE PRIORIZACIÓN DE CRITERIOS PARA LA ZONIFICACIÓN EN UN MODELO DE DESARROLLO SOSTENIBLE



Figura 3-70. Esquema de priorización de criterios de zonificación para el modelo 2007.

En términos de productividad, factible a partir de actividades de desarrollo como agricultura, la agroindustria y en las actividades pecuarias, fueron seleccionados aspectos que definen la posibilidad de establecer dichas actividades con fundamento en las clases agrológicas de suelo y las coberturas, en tanto que la sostenibilidad se marcó por la información proporcionada en la capa de pendientes como indicador de situaciones de amenaza, restringiendo por supuesto, tanto actividades productivas por el riesgo como por la vocación protectora que pueden tener ciertas áreas con tipos de suelo no adecuados o disposición física inadecuada para actividades productivas. La cobertura es un aspecto que funciona en los dos sentidos pues debe entenderse, que valoraciones cualitativas importantes en esta materia determinan restricción de uso del suelo y en consecuencia definen sostenibilidad; en contraste las más bajas habilitan actividades productivas y por ello es un criterio bisagra.

Por otra parte el aspecto enfocado a la equidad recayó sobre los asentamientos humanos, identificando minorías étnicas nucleadas, población desplazada, asentamientos informales en zonas aptas y en zonas no aptas.

3.2.2.2. Categorías

La propuesta de 2007 plantea 6 categorías que reflejan diferentes niveles de restricción de uso en función de los criterios mencionados, reflejando desde la intangibilidad hasta el uso intensivo.

Zona de Ecosistema Estratégico (ZEE). Espacios que contengan biomas, ecosistemas o coberturas de especial significancia ambiental para la región. Esta categoría está encaminada a garantizar permanentemente la oferta de bienes y servicios ambientales

y la biodiversidad. Son permitidas las actividades de conservación, investigación, recreación y educación así como la construcción de infraestructuras de apoyo de bajo impacto que permitan el desarrollo de estas actividades

Zona de Recuperación Ambiental (ZRA). Espacios que buscan asegurar la incorporación priorizada de bienes y servicios ambientales que han sido fuertemente afectados y que permitirán escenarios de conectividad entre las áreas de los ecosistemas estratégicos con otras zonas con sensibilidad ambiental, garantizando así el funcionamiento del resto de las zonas para el desarrollo económico, social y ambiental.

Son espacios que buscan asegurar la incorporación priorizada de bienes y servicios ambientales que han sido fuertemente afectados y que permitirán escenarios de conectividad entre las áreas de los ecosistemas estratégicos, además de su papel amortiguador, frente al resto de las áreas que incorporen aspectos productivos o de infraestructura para el soporte.

Se permiten actividades de recuperación, rehabilitación y restauración ambiental orientadas al objetivo de la categoría. Son los espacios sobre los cuales se debe tener un manejo concordante con su sensibilidad ambiental y que buscan asegurar la incorporación priorizada de bienes y servicios ambientales a través de prácticas de recuperación que, como en el caso de las de recuperación de uso múltiple, permitirán escenarios de conectividad entre las áreas de los ecosistemas estratégicos y su transición hacia las áreas de vocación más productiva. Se trata de áreas que han sido fuertemente afectadas y que tienen aún elementos estratégicos naturales. Dado que contienen también elementos de vocación productivas o para la infraestructura, los

lineamientos de uso y manejo deben ser adecuados con prácticas acordes con su papel atenuador de disturbios.

Zona de Uso Múltiple Restringido (ZUMR). Espacios con algún grado de sensibilidad o fragilidad ecológica o ambiental que deberán garantizar la permanencia de sus valores naturales a través de prácticas o actividades de bajo impacto y un manejo ambiental riguroso. Las actividades productivas de algún impacto deben adelantarse con niveles de calidad acordes con la fragilidad establecida. La vivienda y la infraestructura recreativa y turística deben desarrollarse mediante proyectos de baja densidad y en plena armonía con el entorno natural. Se sugiere que estas zonas deben garantizar la permanencia de sus valores naturales a través de prácticas o actividades de bajo impacto y un manejo ambiental muy riguroso en razón a la presencia de los últimos fragmentos de hábitat existentes en la cuenca

Zona de Rehabilitación Productiva (ZRHP). Áreas o espacios con potencial para la producción y que actualmente se encuentran deteriorados o inhabilitados. Se prevén actividades de manejo encaminadas a la adecuación y optimización de los suelos y los recursos naturales presentes, tendientes al mejoramiento de las condiciones productivas y la calidad de vida en el marco del desarrollo sostenible. Los usos de esta categoría estarán en concordancia con la categoría de producción.

Esta categoría es compatible con la expansión urbana y constituye la matriz del área de estudio. Al ser la zona dominante, se presenta en todos los tipos de paisaje interpretados para la cuenca, desde el espejo de agua de la Ciénaga de Mallorquín, hasta las lomas y colinas disectadas de Galapa, Barranoa, Tubará y zonas de dunas en Puerto Colombia y Barranquilla.

Zona de Producción (ZP). Áreas o espacios que se orientan a la generación de bienes y servicios económicos y sociales para asegurar la calidad de vida de la población, a través de un modelo de aprovechamiento racional de los recursos naturales renovables y bajo un contexto de desarrollo sostenible. Para esta categoría se tomarán en cuenta, entre otras, las siguientes actividades: agrícola, ganadera, minera, forestal, industrial, pesquera, zootecnia, turística y producción de espacio urbano.

Zona de Infraestructura de Soporte para el Desarrollo: (ZISD). Áreas o espacios que contengan infraestructuras, obras, y actividades producto de la intervención humana con énfasis en sus valores intrínsecos e históricos, culturales y económicos. Esta incluiría, además, como una modalidad particular, la infraestructura portuaria (ZIP).

El trabajo integrado de los criterios establecidos en el numeral 3.2.2.1 aplicando las categorías del numeral 3.2.2.2 determinó una propuesta de zonificación ambiental como la dispuesta en la Figura 3-71 con base en elementos de la Figura 3-70. El resultado evidencia un territorio con alta intervención en el que solo cerca del 20% ostenta una vocación de conservación de la estructura ecológica principal y algo más del 80% se encuentra habilitado para actividades productivas. En ese sentido, la base productiva rural se refleja en la parte media de la cuenca y sectores de la parte alta, en tanto que las áreas con vocación de conservación se refieren al área costera y divorcios de las aguas en zonas occidental y sur a partir de cerros de Pan de Azúcar y la Rosita. El área de remate costero se caracteriza por una vocación urbana que ha definido la intervención de numerosos sistemas naturales tipo ciénagas, lagunas costeras y manglar en municipios de Puerto Colombia y Galapa tanto como el Distrito de Barranquilla, lo cual ha significado el mayor conflicto de uso del suelo por las dos vertientes contrastantes, que en líneas generales constituye el núcleo de desarrollo del Área Metropolitana de Barranquilla (gran centro urbano).

Tabla 3-34. Distribución de la áreas homogéneas de la zonificación de 2007

Categoría	Extensión - Area (Ha)	%
Zona de Ecosistema estratégico	3772.1	12.7
Zona de Interés Portuario	71.1	0.2
Zona de Infraestructura de Soporte para el Desarrollo	3004.7	10.1
Zona de Producción	2848,9	9.6
Zona de recuperación ambiental	2270.8	7.7
Zona de Rehabilitación Productiva	10985.3	37.1
Zona de Uso Múltiple Restringido	6668.1	22.5
Total	29.621.2	



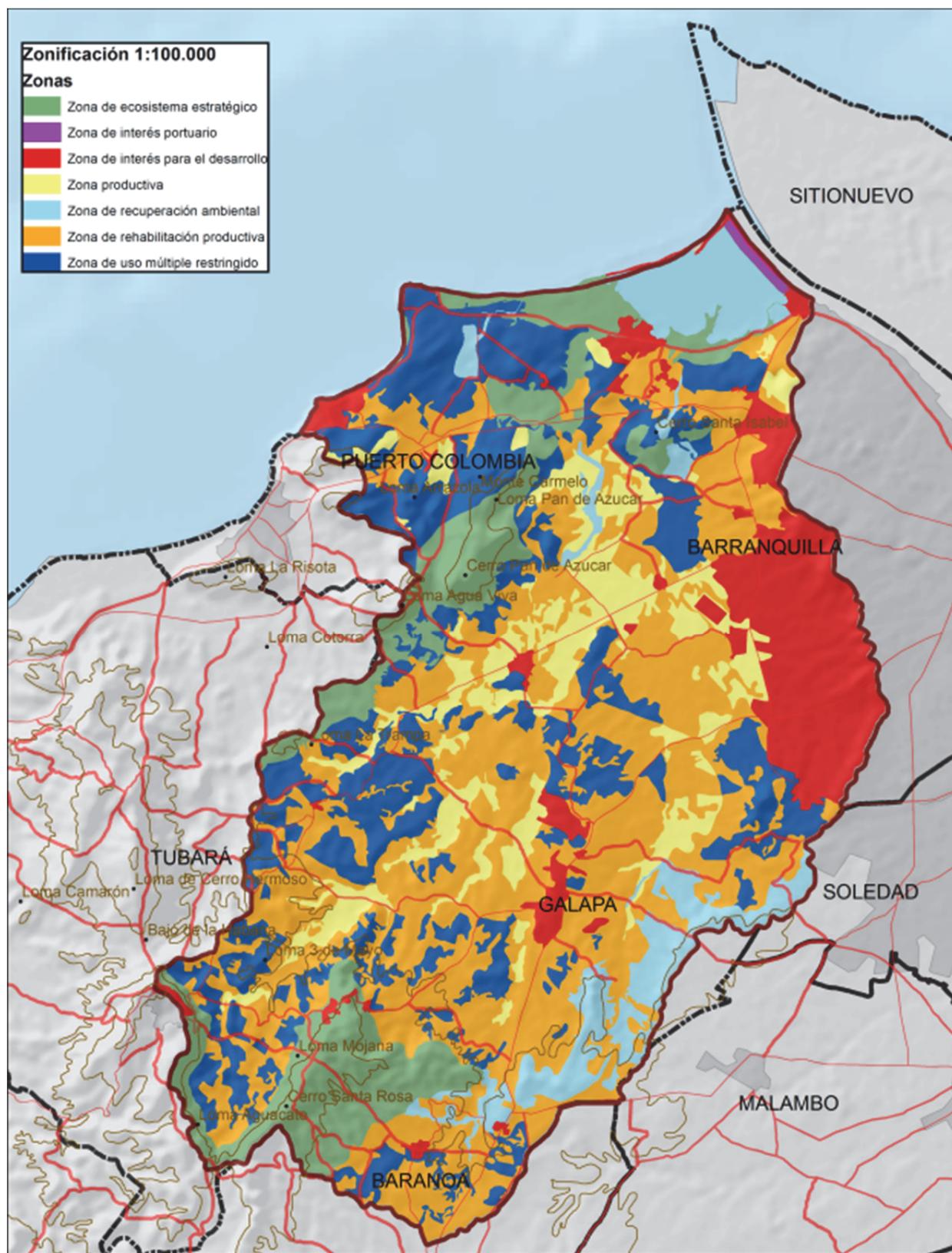


Figura 3-71. Zonificación Ambiental POMCA Mallorquín 2007

3.2.3. Tendencias y perspectiva del desarrollo del departamento - énfasis en la cuenca de Mallorquín

El presente aparte tiene como objetivo describir la perspectiva de desarrollo territorial de la ciudad de Barranquilla y los municipios de Baranoa, Galapa, Puerto Colombia y Tubará que conforman la Cuenca de Mallorquín, en relación a las actividades urbanísticas, turísticas, portuarias, industriales, mineras y medioambientales.

Lo anterior se incorpora como un elemento a manera de insumo para plantear escenarios prospectivos que sean objeto de planificación de los diferentes instrumentos pero fundamentalmente para ajustes del POMCA de la Ciénaga de Mallorquín y Arroyos Grande y León, entendiendo la importancia de lograr consensos en dicho ejercicio.

En consecuencia, se realizó una recopilación, revisión y análisis de información secundaria suministrada y registrada en los planes, políticas y proyectos de instituciones gubernamentales a nivel distrital, municipal, asociaciones gremiales, organismos no gubernamentales e instituciones de educación superior y/o de investigación que permitieron la comprensión del contexto actual e identificación de las perspectivas de desarrollo de las diferentes actividades socioeconómicas de los municipios de la Cuenca, lo cual debía implicar un cambio en la organización territorial de los municipios y por ende, tiene implicaciones en el ordenamiento territorial y ambiental de la misma.

Los datos fueron obtenidos, entre otras fuentes, de las Alcaldías Municipales a través de los planes de desarrollo, Planes de Ordenamiento Territorial – POT - y/o Planes Básicos de Ordenamiento Territorial –PBOT-, Departamento Nacional de Estadísticas –DANE-, Cámara de Comercio de Barranquilla, Área Metropolitana de Barranquilla –AMB-, Banco Interamericano de Desarrollo –BID-, Universidad del Atlántico, Departamento Nacional de Planeación –DNP- y Corporación Autónoma Regional del Atlántico – CRA.

3.2.3.1. Desarrollo Urbanístico

Durante las últimas décadas, el distrito de Barranquilla y el municipio de Puerto Colombia han experimentado un importante crecimiento urbano como

respuesta al crecimiento poblacional, las perspectiva de crecimiento económico y el interés por los gobiernos locales de reducir el déficit cuantitativo de vivienda.

De acuerdo con el BID (2013), la ciudad de Barranquilla durante las últimas décadas ha experimentado cambios significativos en el uso del suelo, principalmente fuera del ámbito urbano. Estos cambios se han caracterizado por la disminución del área forestal y matorrales e incremento de las áreas agrícolas, suelo desnudo o sin vegetación con una expansión notable hacia los municipios de Soledad y Puerto Colombia. Cabe señalar, que las áreas sin vegetación son terrenos recientemente despejados con el fin de construir vivienda e infraestructura para el desarrollo de la actividad comercial.

Puntualmente, se ha observado un crecimiento de la huella urbana del 13% entre 2001 y 2011. Esta dinámica, ha estado acompañada de un cambio en la intensidad habitacional de la ciudad. En el periodo de referencia, las áreas de intensidad baja, es decir, áreas con una mezcla de materiales de construcción y de cobertura de vegetación como las viviendas unifamiliares, han aumentado en un 29%. Este comportamiento, es consistente con los metros cuadrados aprobados para la construcción según destino.

Como se observa en la Tabla 3-35, entre 2007 y 2014, el área aprobada para la construcción se incrementó a una tasa anual promedio de 11,3%. Así mismo, se observa que el 73,9% del área aprobada para construcción fue solicitada para la edificación de vivienda. En este contexto, era de esperar continuar con la tendencia del crecimiento urbano de la ciudad. No obstante, de acuerdo a la revisión y actualización del POT vigencia 2012 – 2032 aprobado en 2014, dicho crecimiento se encuentra restringido por los cambios en el uso del suelo, en el que se reduce las áreas de suelo urbano y suelo de expansión urbana, como consecuencia a las expectativas de desarrollo de la actividad industrial y comercial de gran escala, el crecimiento poblacional, la necesidad de equipamiento e infraestructura como respuesta a la construcción de nueva vivienda, la exclusión del área en litigio con el municipio de Puerto Colombia y la expansión del área rural.

Tabla 3-35. Área en metros cuadrados aprobada para la construcción según destino en Barranquilla.

Destino	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Vivienda	478.005	205.619	133.009	207.043	465.680	401.341	593.561	1.179.968
Industria	70	0	8.878	1.687	3.761	28	414	0
Oficina	8.574	9.637	3.976	2.588	22.825	7.702	31.352	39.173
Bodega	27.778	36.193	38.643	15.089	19.510	55.923	24.814	49.716
Comercio	145.450	56.987	20.873	15.337	45.581	57.253	85.918	112.307
Hotel	10.675	3.248	22.688	8.917	11.456	16.159	72.663	8.598
Educación	558	17.747	35.544	2.910	4.297	483	2.964	19.169
Hospital-asistencial	5.458	10.059	369	11.378	4.699	14.804	11.907	22.766

Destino	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Administración pública	0	974	0	0	0	1.092	0	0
Religioso	0	980	0	3.330	857	874	390	167
Social-recreacional	1.067	858	0	2.114	0	1.451	4.725	0
Otros	0	2.275	1.284	616	1.299	341	290	0
Total	677.635	344.577	265.264	271.009	579.965	557.451	828.998	1.431.864

Fuente: Dane

En tanto, en el municipio de Puerto Colombia si bien no existen estudios de huella urbana, se evidencia un crecimiento urbanístico localizado en tres polos de desarrollo: alrededor de la zona central de la cabecera municipal, el área nororiental de la cabecera municipal y en los alrededores de las formaciones urbanas de Salgar, Sabanilla y el área del corregimiento Eduardo Santos – La Playa reconocido como el corredor universitario. En esta última zona, la expansión urbana se ha caracterizado por su desarrollo acelerado desde la periferia hacia la cabecera municipal a partir de las vías perimetrales existentes, constituyéndose en el área de

conurbación con la ciudad de Barranquilla; y contexto socioeconómico diferente al observado en el centro urbano.

De acuerdo con las áreas aprobadas para la construcción en el municipio, el desarrollo urbanístico es consecuencia de la expansión habitacional. Entre 2007 y 2014 el 79,5% de esta área, fue solicitada para la construcción de vivienda, seguido por la edificación de infraestructura educativa y comercial.

Tabla 3-36. Área en metros cuadrados aprobada para la construcción según destino en Puerto Colombia.

Destino	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Vivienda	15.489	41.223	84.862	11.781	133.663	73.110	124.389	382.075
Industria	0	0	0	0	0	0	0	0
Oficina	0	0	500	0	0	0	24.194	32.400
Bodega	0	0	0	0	0	0	0	0
Comercio	60	144	259	1.780	6.339	4.014	4.244	5.459
Hotel	0	0	0	0	468	0	0	0
Educación	5.825	9.774	17.204	18.081	11.299	4.025	26.920	4.686
Hospital-asistencial	0	0	0	42.573	0	0	0	0
Administración pública	0	0	0	0	0	704	0	0
Religioso	65	0	512	0	0	0	648	0
Social-recreacional	0	192	494	107	0	0	518	0
Otros	0	0	92	0	0	0	0	0
Total	21.439	51.333	103.923	74.322	151.769	81.853	180.913	424.620

Fuente: Dane

Un aspecto importante al analizar la expansión urbana en el municipio de Puerto Colombia, es que la administración local reconoce que el crecimiento urbano evidenciado en la zona del corredor universitario, ha representado una mejora significativa en las finanzas del municipio, situación que ha incentivado la promoción de esta actividad a través de la inversión en las vías de acceso y puentes. En consecuencia, de acuerdo con el Área Metropolitana de Barranquilla –AMB-, esta zona se ha ido consolidado con procesos de desarrollo urbano y equipamiento con vocación institucional, educativa y de salud; además de la prestación de servicios especializados y comerciales. Teniendo en cuenta esta situación, es de suponer que en los próximos años continúe el desarrollo de los procesos urbanos ya iniciados y la consolidación de nuevos proyectos urbanísticos.

Con relación a Tubará, Galapa y Baranoa, los planes de desarrollo dan cuenta del interés por parte de la administración local por dotar a la población vulnerable de infraestructura básica a través de la implementación de proyectos integrales de desarrollo urbano. Por lo cual, se observa una expansión

urbana en estos municipios a menor escala pero con perspectiva de crecimiento teniendo en cuenta el interés por el gobierno nacional de aumentar la oferta de suelos urbanizados para el desarrollo de viviendas de interés social y prioritario, dado el déficit habitacional en los municipios y distritos del país.

Por otra parte, la iniciativa Diamante Caribe y Santanderes, ha integrado una serie de propuestas estratégicas de intervención en el territorio e impulso a las nuevas tecnologías digitales al servicio de la población con el fin de acelerar la competitividad de este territorio y convertirlo en un motor económico del desarrollo de Colombia. Las propuestas planteadas para el Departamento del Atlántico, incluyen proyectos a desarrollar en los municipios que conforman la Cuenca de Mallorquín que implican la expansión de la actividad urbanística e infraestructura.

Entre las propuestas socializadas se encuentra la construcción del Ecobulevar 40 con una extensión de 40 km en la ciudad de Barranquilla. El objetivo de este proyecto es transformar la Calle Boyacá y la

Vía 40 en un ecobulevar, en el que se contaría con carriles para vehículos privados, espacios viales para el transporte colectivo y bicicletas, incorporación de ejes verdes con arbolado y espacios peatonales. Este proyecto plantea un cambio en el uso

del suelo, en el que se busca trasladar la actividad industrial y portuaria y desarrollar acciones de renovación urbana e implementación de nuevos usos del su entorno (Figura 3-72).

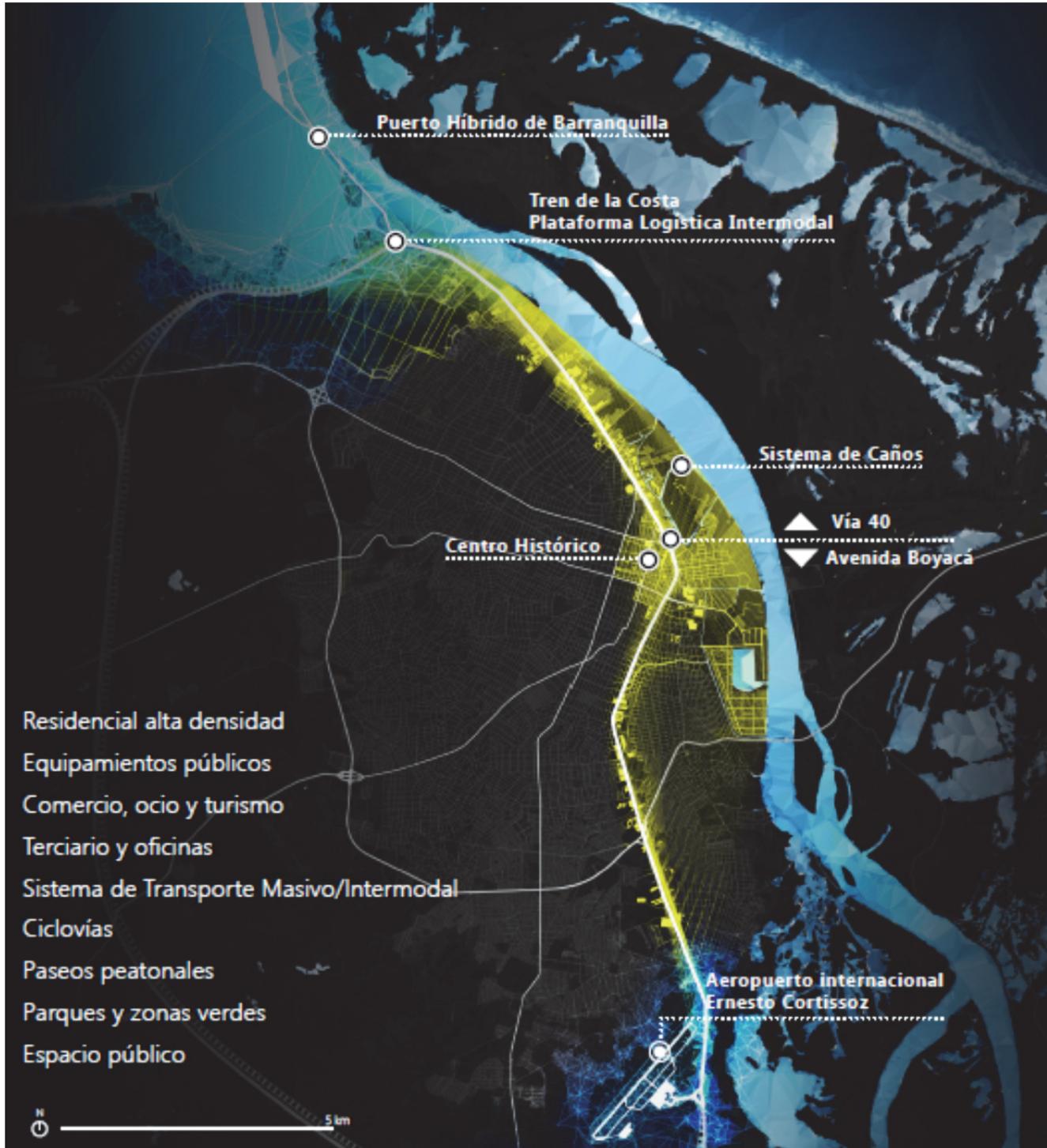


Figura 3-72. Ubicación Ecobulevar 40

Fuente: Findeter, Ministerio de Hacienda & Microsoft. (2015). Diamante Caribe & Santanderes: Proyecto Ciudad - Territorio Barranquilla - Atlántico, Identificación y Caracterización de los Proyectos Estratégicos.

Otra de las propuestas de esta iniciativa encaminada al desarrollo urbanístico en el área de interés, son la constitución del Distrito 4.0 y la recuperación del centro histórico de Barranquilla. El primer proyecto propone la renovación urbana al borde fluvial en el norte de Barranquilla por medio de la recuperación del contacto de la ciudad con el río a través del desarrollo de actividades empresariales,

deportivas, culturales y de ocio, por lo que se busca convertir esta zona en un espacio urbano denso con una arquitectura que promueva el turismo, soluciones urbanas y el uso de las TICs. Al igual que el ecobulevar, la implementación de este proyecto implica el traslado de la actividad industrial y portuaria ubicada actualmente en esta zona.

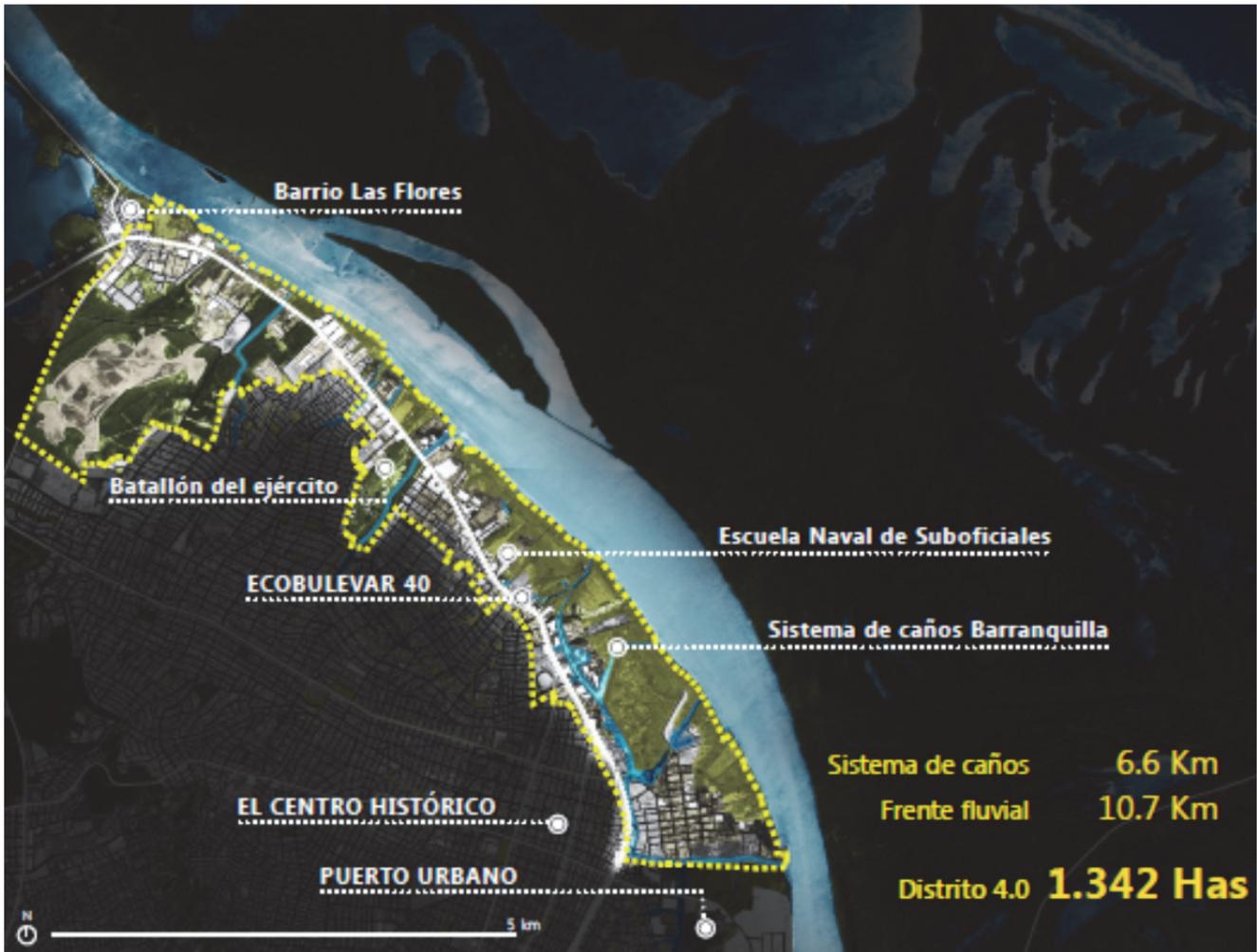


Figura 3-73. Ubicación Distrito 4.0

Fuente: Findeter, Ministerio de Hacienda & Microsoft. (2015). Diamante Caribe & Santanderes: Proyecto Ciudad - Territorio Barranquilla - Atlántico, Identificación y Caracterización de los Proyectos Estratégicos.

En tanto, el proyecto de recuperación del centro histórico de Barranquilla tiene como objeto impulsar el centro en lugar para la fusión entre el arte, la creatividad y la tecnología. Para ello, se propone la intervención sobre el espacio público, el tráfico y la rehabilitación de viviendas.





Figura 3-74. Ubicación Centro Histórico

Fuente: Findeter, Ministerio de Hacienda & Microsoft. (2015). Diamante Caribe & Santanderes: Proyecto Ciudad - Territorio Barranquilla - Atlántico, Identificación y Caracterización de los Proyectos Estratégicos. Pág. 18

3.2.3.2. Desarrollo Turístico

Con respecto al desarrollo turístico, el análisis de los planes de desarrollo y los planes de ordenamiento territorial a nivel local y metropolitano y las estrategias de desarrollo planteadas a nivel nacional, permiten establecer que los municipios que conforman la Cuenca de Mallorquín poseen una visión estratégica de crecimiento económico en la que la actividad turística es uno de los pilares fundamentales.

En los últimos cuatro años, los gobiernos locales han plasmado en sus planes de desarrollo acciones orientadas al fortalecimiento de la gestión pública del Turismo. En el caso de Barranquilla, la administración distrital estableció un programa para mejorar la oferta y calidad de los servicios y destinos culturales a través del desarrollo de productos turísticos especializados, orientado al apoyo a empresas y agencias de turismo para el aprovechamiento del potencial turístico del distrito, el cual hace parte de una estrategia para la consolidación de la ciudad como capital cultural del gran Caribe a través de la promoción de acceso a bienes, servicios y expresiones culturales que fomenten la apropiación social y articulación de los habitantes y visitantes. Así mismo, se han implementado interven-

ciones dentro del casco urbano con el objetivo de recuperar espacios históricos y culturales que permitan el incrementar el interés por la ciudad como destino turístico.

Mientras, en Puerto Colombia el plan de desarrollo sugiere una visión de desarrollo orientada principalmente a la actividad turística, en el cual se planteó el aprovechamiento de su ubicación geográfica, proximidad con la ciudad de Barranquilla y su riqueza histórica, arquitectónica y cultural. En este sentido, la gestión administrativa estableció como una de sus políticas potencializar el turismo de manera sostenible por medio del aprovechamiento de recursos disponibles; esto a partir de la implementación de proyectos de estabilización, embellecimiento de playas y manglares, creación de nuevos atractivos turísticos, fortalecimiento de la seguridad en las playas y ampliación de la oferta turística en el municipio.

En este mismo horizonte, se encuentra la visión de desarrollo de Tubará; según su plan de desarrollo se establece que para 2025 el municipio tendrá un pleno desarrollo de las actividades turísticas de sol, playa y ecoturismo, integrado a la dinámica social, comercial e industrial de la zona noroccidental del departamento del Atlántico. En tanto, el desarrollo

turístico en Baranoa y Galapa se encuentra enfocado al ámbito cultural, ecológico y étnico, en conjunto con estrategias que permitan la visualización e integración con la dinámica económica y social del departamento del Atlántico y el país.

Las directrices y planteamientos anteriormente señalados, se encuentran en armonía con la perspectiva de desarrollo económico de las autoridades a nivel metropolitana. De acuerdo con el Plan Estratégico de Ordenamiento Territorial Metropolitano –PEOTM–, las áreas aledañas a la intersección de la Autopista al Mar con la vía de acceso al casco urbano del municipio de Puerto Colombia - que a su vez lo conecta con Barranquilla y Cartagena - posee un potencial para el desarrollo de actividades turísticas relacionadas con el mar, uso mixto y de provisión para pobladores y visitantes. Esta zona denominada Centralidad Metropolitana del Mar, es con-

siderada por la autoridad metropolitana como un área con vocación para la construcción de parques temáticos y similares, debido a su vecindad con el corredor ambiental sobre el Arroyo Grande. En consecuencia, el Área Metropolitana se encuentra promoviendo la construcción de un complejo hotelero, un eco-hotel, un centro náutico y un frente marino en conjunto con la reconstrucción del malecón de Puerto Colombia. Además, de la construcción de un parque temático y el museo del inmigrante.

Todo lo anterior describe la importancia de la actividad turística en la Cuenca de Mallorquín y las perspectivas de desarrollo de la misma, ya sea como parte de la vocación de los municipios que conforman la Cuenca o como estrategia de desarrollo de las autoridades locales (Figura 3-75).



Figura 3-75. Ubicación de proyectos según Área Metropolitana de Barranquilla

Fuente: Área Metropolitana de Barranquilla (2015), tomado de http://www.ambq.gov.co/public_html/ambq/userfiles/file/Acuerdo%20metropol%20002-13.pdf; fecha de recuperación: Agosto 2 de 2015.

3.2.3.3. Desarrollo Portuario

En cuanto a la actividad portuaria, es evidente el desarrollo de ésta en la ciudad de Barranquilla durante los últimos años. En 2010, se movilizaron a través del puerto ubicado en esta ciudad un total de 6.6 millones de toneladas, lo que significó un aumento de 12.3% con relación a la carga de 2009.

Mientras en 2011, la carga movilizada correspondía al 11.9% de la carga marítima nacional, detrás de Buenaventura (29.9%) y Cartagena (51.5%). No obstante, los diferentes planes y estudios a nivel distrital y de área metropolitana muestran la necesidad de regular, organizar y ampliar toda la operación portuaria en el Distrito de Barranquilla.

Específicamente, el Plan Maestro del Puerto de Barranquilla (PMPB) presentado en 2012, recomienda la creación de una zona portuaria estructurada en tres secciones, cada una especializada en un tipo de carga:

- ▶ *Puerto interno: esta sección se localizaría entre el kilómetro 16,5 y 22 en la orilla occidental, con una profundidad de 12 metros, un área de 592 hectáreas y terminales habilitados para acomodar buques de entre 30.000 y 35 DWT. En la orilla oriental, en el departamento del Magdalena, se considera el desarrollo de una zona igual entre los kilómetros 15,5 y 20,5.*
- ▶ *Puerto Externo: sección comprendida por un área de 415 hectáreas entre el kilómetro cero (0) y once (11) a ambos lados del barrio Las Flores, con una profundidad de 14 metros. Las terminales en ésta sección se especializaría en la atención de barcos entre 50.000 y 60.000 DWT. No obs-*

tante, para el desarrollo dichos terminales es necesaria la reubicación de la Vía 40 entre los kilómetros 8 y 10, por una distancia de entre 800 y 900 metros hacia el sur. Es decir, se requiere la reubicación de la vía perimetral de acceso a la Ciénaga de Mallorquín y a la Vía 40.

- ▶ *“Superpuerto” o Puerto de aguas profundas: esta sección estaría localizada al lado occidental del Tajamar Occidental, en un área de en 1.200 hectáreas, con una profundidad de 19 metros con terminales diseñados para la atención de embarcaciones de entre 150.000 y 180.000 DWT*

Estos requerimientos, es especial la construcción del superpuerto, han sido incorporados en el plan de desarrollo distrital, PBOT Barraquilla, PEOTM y la iniciativa Diamante Caribe y Santanderes, como parte de los proyectos estratégicos de la región. Su ubicación se ilustra en la Figura 3-76.

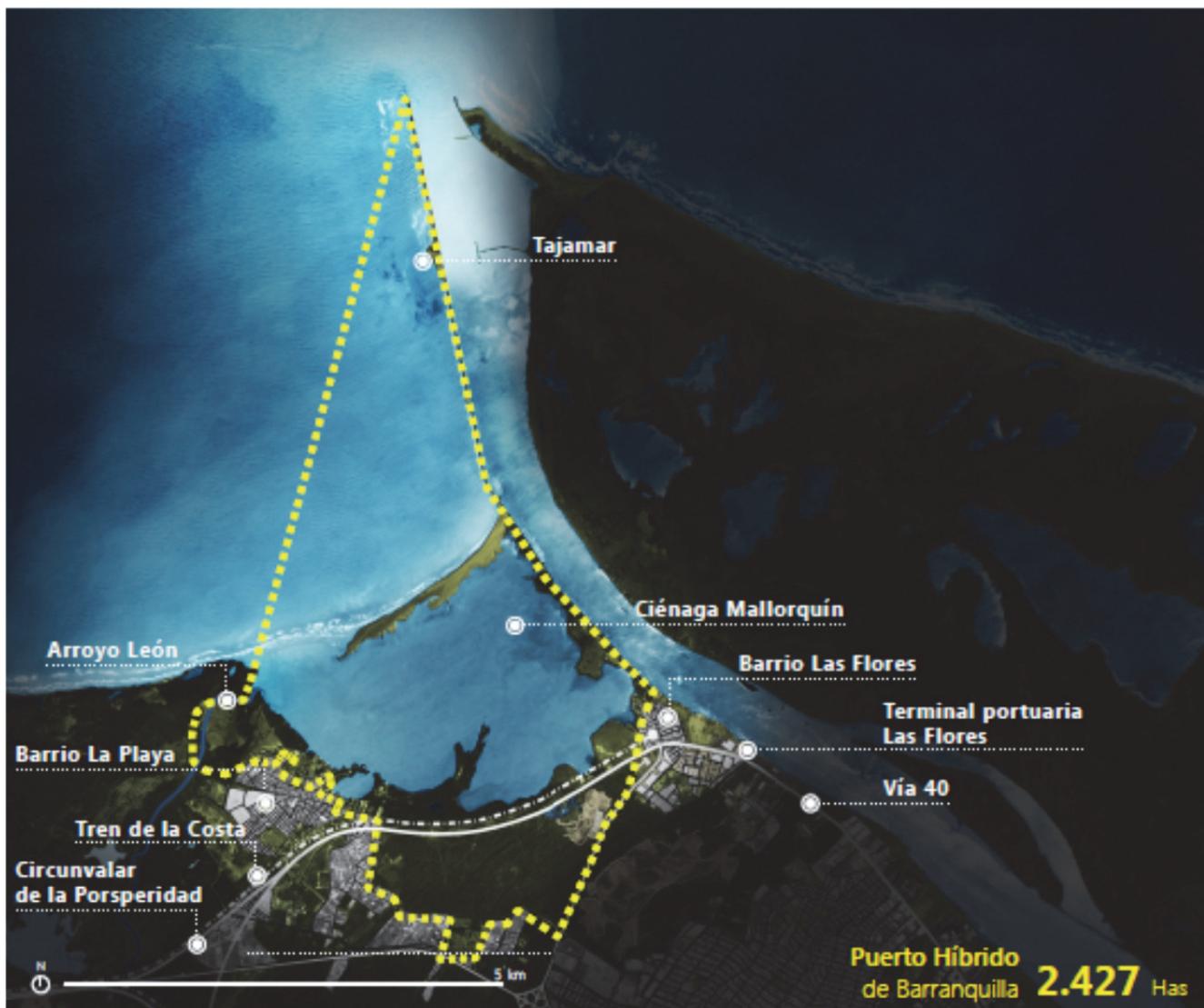


Figura 3-76. Ubicación del Superpuerto

Fuente: Findeter, Ministerio de Hacienda & Microsoft. (2015). Diamante Caribe & Santanderes: Proyecto Ciudad - Territorio Barraquilla - Atlántico, Identificación y Caracterización de los Proyectos Estratégicos

De acuerdo con la iniciativa Diamante Caribe y Santanderes, la construcción del puerto de aguas profundas requiere la creación de los muelles y zonas de manejo de carga necesarias para el funcionamiento del puerto con criterios de alta competitividad internacional, desarrollo de instalaciones para el intercambio modal entre el transporte marítimo y fluvial, conexión del puerto con el Tren de la Costa (línea Cartagena-Barranquilla- Santa Marta y

enlace hacia el sur) y con las carreteras troncales de conexión exterior de Barranquilla a través de la Circunvalar de la Prosperidad, desarrollo de espacios industriales y terciarios vinculados al comercio marítimo, la gestión portuaria y el apoyo a la navegación, además de la implementación de un sistema de transporte metropolitano multimodal.



Figura 3-77. Ubicación Puerto Interno

Fuente: Findeter, Ministerio de Hacienda & Microsoft. (2015). Diamante Caribe & Santanderes: Proyecto Ciudad - Territorio Barranquilla - Atlántico, Identificación y Caracterización de los Proyectos Estratégicos. Pág. 32.

3.2.3.4. Desarrollo Industrial

De acuerdo a las proyecciones del Área Metropolitana de Barranquilla, en congruencia con los planes de desarrollo y ordenamiento territoriales municipales, la actividad industrial continuará su desarrollo en el marco de la centralidad metropolitana Barranquilla - Galapa, ubicada a lado y lado de la carretera de la Cordialidad vía a Galapa a partir de la intersección con la vía Circunvalar; debido a la vocación industrial y equipamiento de servicios metropolitanos empresariales, localización

de la Zona Franca Internacional del Área Metropolitana de Barranquilla -ZOFIA-.

Desde su creación la ZOFIA, se ha caracterizado por su rápido crecimiento. No obstante, la instalación de nuevos proyectos industriales, como Green Park que cuenta con un área de 450 hectáreas, dan cuenta que se seguirá fortaleciendo el proceso de expansión de esta zona.

Por otro lado, la iniciativa Diamante Caribe y Santanderes ha propuesto la implementación del Arco Logístico Industrial, cuyo objetivo es desarrollar un

espacio industrial y logístico que atraiga inversiones productivas que se beneficien de la conectividad de Barranquilla y cree espacios de actividad para la reubicación y expansión de industria localizadas en zonas centrales de la Ciudad. Se espera la implementación de este proyecto en el borde occidental del distrito a partir de la troncal del Caribe hacia la vía Circunvalar. Por lo cual, el diseño es-

tructural y conceptual establece el desarrollo de la Circunvalar de la Prosperidad como eje vial estructurante de los espacios de actividad y de conexión con las vías troncales de conexión de Barranquilla y un desarrollo de espacios logísticos vinculados a las actividades portuarias y a la gestión de los flujos de mercancías del comercio exterior colombiano.

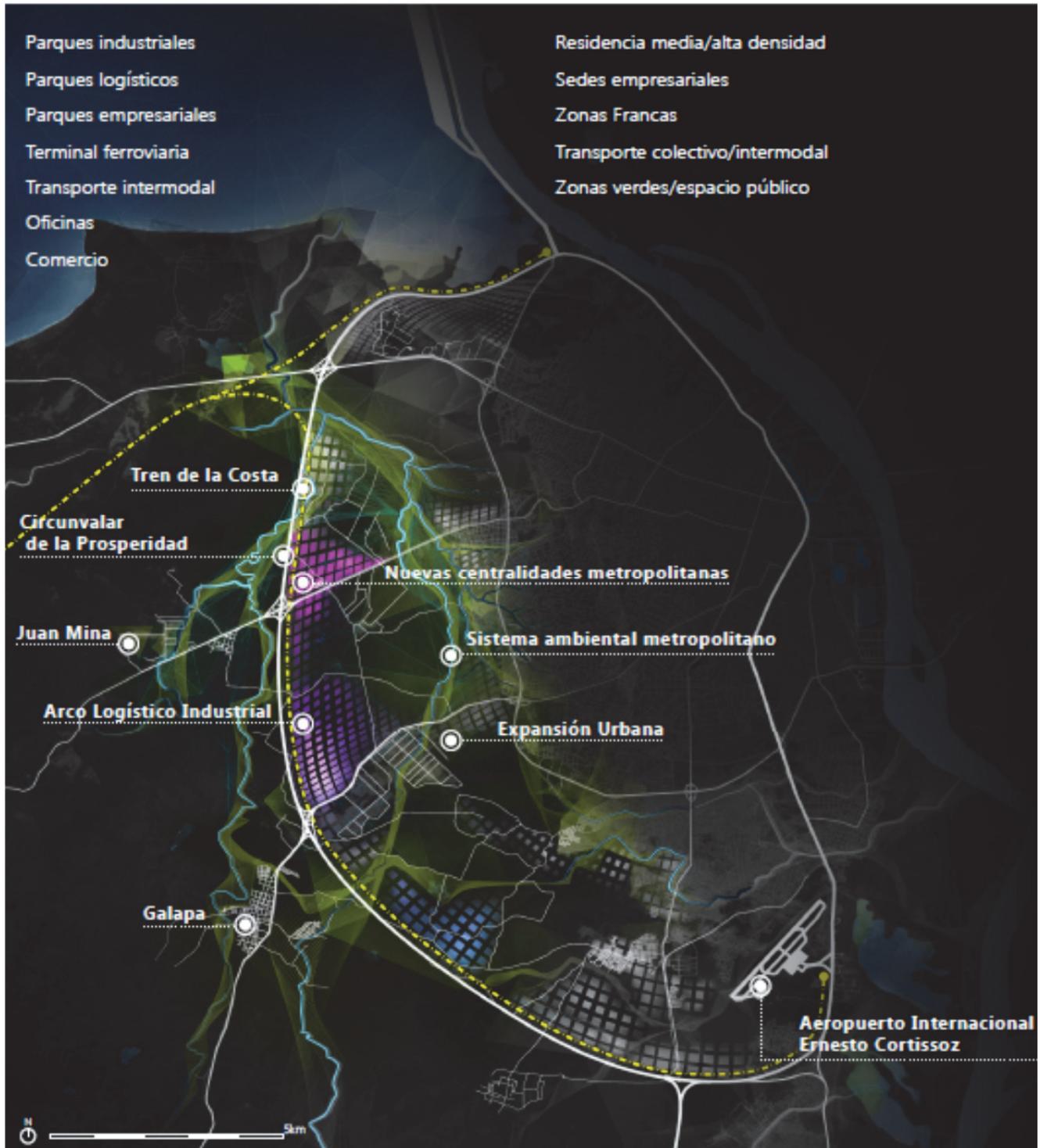


Figura 3-78. Ubicación Arco Logístico Industrial

Fuente: Findeter, Ministerio de Hacienda & Microsoft. (2015). Diamante Caribe & Santanderes: Proyecto Ciudad - Territorio Barranquilla - Atlántico, Identificación y Caracterización de los Proyectos Estratégicos.

3.2.3.5. Desarrollo Medioambiental

En relación al desarrollo medioambiental en la Cuenca de Mallorquín, el análisis de los planes de desarrollo municipales no permiten evidenciar la implementación de proyectos puntuales orientados al aprovechamiento de la riqueza ecosistémica en el área de interés. No obstante, el Área Metropolitana de Barranquilla ha planteado en el PEOTM la construcción de un corredor ambiental metropolitano cuyo objetivo es crear un corredor ambiental en el que se articulen e integren los municipios del área metropolitana. En dicha zona de articulación, denominada Zona 3, se pretende aprovechar los suelos de protección ambiental para el desarrollo de equipamiento urbano destinado a las actividades culturales y recreativas.

Puntualmente, esta zona estaría conformada por los suelos de protección ambiental en las rondas de los cauces naturales de los arroyos León, Grande, Caña, Nisperal, Salao, Platanal y San Bias y las ciénagas de Mallorquín, La Bahía y de Malambo. Por lo cual, uniría la ribera del río Magdalena y el Mar Caribe. No obstante, el eje de la zona lo constituyen los Arroyos León y Caña.

Espacialmente, esta zona está compuesta por cinco sub-zonas, de las cuales cuatro se ubicarían en municipios que conforman la Cuenca de Mallorquín. Estas son:

1. *Sub-zona 3A: Localizada a partir de la intersección de la carrera 38 con el arroyo León, en dos franjas de un kilómetro, paralelas a ambos lados del cauce de éste hasta su llegada a la ciénaga de Mallorquín. El PEOTM establece la construcción del Jardín Botánico Metropolitano, el Museo del Agua "Metrópoli de las Aguas" y un eco-hotel en la Ciénaga de Mallorquín. Mientras, en el sector de La Cangrejera y Las Flores se reubicarán las viviendas que están en zonas de alto riesgo, para la recuperación de los terrenos de baja mar de la ciénaga. En tanto, se construiría un Clúster de Telecomunicaciones y Parque Tecnológico del Caribe, en las inmediaciones de la autopista a Puerto Colombia.*
2. *Sub-zona 3B: Ubicada en "sentido este - oeste, entre el arroyo León y el municipio de Puerto Colombia, en una franja paralela a la zona de retiro de cincuenta metros a lado y lado de las márgenes del cauce del arroyo Nisperal desde su nacimiento hasta su desembocadura en el lago el Cisne. Se intercepta con los arroyos Grande y León constituyendo una zona verde para la construcción de ciclo-vías y senderos peatonales; esta franja se prolonga de forma perpendicular a su tramo más largo, hasta el malecón en la zona costera, a ambos lados del arroyo Grande. En esta última se establece el uso para desarrollos hoteleros, inmobiliarios, comerciales y locales para la diversión, museo del inmigrante y mue-*

lles flotantes y la recuperación de la zona aledaña al muelle de Puerto Colombia". (Área Metropolitana de Barranquilla, pág. 16)

3. *Sub-zona 3C: "Constituida por franjas paralelas a las zonas de retiro de los cauces de los arroyos León y Santo Domingo. Se localiza entre la carrera 38 y la vía la Cordialidad entre Barranquilla y Galapa, en una franja paralela al retiro de cincuenta metros a ambos lados de los arroyos León y Santo Domingo, que se encuentra ocupada en parte por asentamientos informales que deben reubicarse en terrenos que superen la cota' de inundación de los arroyos, con soluciones habitacionales en altura, respetando el área de protección antes mencionada. En este corredor ambiental se desarrollarán zonas de viviendas de interés social con énfasis en agricultura urbana". (Ibid., pág. 16)*
4. *Sub-zona 3D: "Se localiza entre la vía La Cordialidad y el nacimiento del arroyo Caña en la Serranía de Santa Rosa. Incluye la totalidad de los suelos con clasificación agrologica 3, 2 Y 1. Tiene un potencial de restauración de actividades rurales con énfasis en agricultura. En esta zona se construirá el centro tecnológico y expo artesanal en la cuenca del arroyo Caña en la vía que conduce al sector Los Almendros del municipio de Soledad". (Ibid., pág. 16).*

3.2.3.6. Desarrollo Minero

Otra de las actividades económicas que se desarrollan en el área de influencia de la Cuenca de Mallorquín es la minería. De acuerdo con la Corporación Autónoma Regional del Atlántico –CRA–, en los municipios de Puerto Colombia, Galapa, Baranoa y Tubará, la explotación de recursos mineros se caracteriza por su concentración en la explotación de materiales de construcción concretamente en rocas para la industria cementera; gravas, calizas, arenas y arcillas.

Esta actividad ha tenido presentado un reciente crecimiento, como se observa en la Tabla 3, en 2014 se encontraban en funcionamiento 17 canteras cuyos títulos fueron otorgados en su mayoría a partir del año 2003. Es importante anotar, que el 71% de estas canteras se encuentran ubicadas en Puerto Colombia, municipio en el que el gobierno local considera que esta actividad hace parte de los sectores con mayores potencialidades².

Al analizar la fecha de expiración de las licencias otorgadas a las canteras, observamos que el desarrollo de esta actividad continuará por lo menos a 2040. Esto sin tener en cuenta la posibilidad de aprobación de nuevas licencias.

² De acuerdo con el Plan de Desarrollo 2012 – 2015, pág. 11.

Tabla 3-37. Relación de canteras en los municipios de la Cuenca de Mallorquín, 2014.

MUNICIPIO	INICIO	FINAL	EMPRESA	MINERALES	LOCALIZACIÓN
Baranoa		Legalización de Minería (Hecho)	Elias Rueda	Explotación de arena	Predio "Pital de Megua"
Galapa	11/11/2011	Legalización de Minería (Hecho)	Alfonso Ekcard	Arena	Vía que conduce a Galapa
		Licencia con ANLA	Cantera Loma China / Cementos Argos	Arena y caliza	Km 16 vía al mar zona urbana de Puerto Colombia
		Licencia con ANLA	Cantera El Triunfo / Cementos Argos	Arena y caliza	Autopista que conduce de Barranquilla a Puerto Colombia, a la altura del Km 8 en la margen izquierda antes de la "Y" de los chinos
		Minería de hecho	Cantera Luis E Barrera & asociados.		2 Km aproximadamente luego de la ye (Y) de los chinos - Vía Barranquilla - Puerto Colombia
		En proceso de cierre a Septiembre de 2014	Cantera El Triunfo / Cementos Argos	Caliza y arcilla	
	08/10/2008		Cantera Casa Vieja/ Alfredo Cure	Grava y arena	Vía Barranquilla - Tubará en el corregimiento Juan Mina por el carretable a 4 Km margen derecha
Puerto Colombia	25/06/2007	02/12/2033	Elvira Reales Ramos	Arena y caliza	Predio "El Páramo"
	01/10/2003	28/01/2033	Cantera Munarriz	Caliza	Km 9 Vía Puerto Colombia entre Km 5 y 6, después del peaje
	14/01/2005	07/11/2014	Cantera San Juan de Dios/ Cementos Argos	Caliza	Finca San Juan de Dios
	09/06/2008	14/12/2037	Ladrillera S.A.	Arena y arcilla	Vía Juan Mina Km 7 margen derecha después de la estación de policía del sector de Villa Iris
	16/02/2005	18/05/2033	Cantera San Juan de Dios II/ Cementos Argos	Arena y caliza	Vía autopista al mar, 100 metros antes de llegar a la "Y" de los chinos en el margen derecho
	26/10/2012	12/04/2040	Isabela Giovannetti Cristina	Caliza y arena	Predio "Casa Blanca"
	28/08/2013	Legalización de Minería	Linda Carajalino	Caliza	Km 5 vía a Puerto Colombia
	05/09/2006	17/11/2033	Alfagres S.A.	Arcilla	Predio "El Chuval" en la vereda Bajo San Luis
Tubará	05/10/2009	25/01/2035	Cantera Gres Caribe	Arcilla	Vía que conduce a Tubará, aproximadamente a 5 kilómetros del corregimiento Cuatro Bocas
	02/01/2014		Carlos Domingo Gallardo	Materiales de construcción	

Fuente: CRA, tomado de www.crautonomia.gov.co/files/Reporte%20Cantenas.xlsx, recuperado 25 de agosto de 2015

3.2.3.7. Conclusiones

En este abordaje se realizó un análisis de las perspectivas de desarrollo de diferentes actividades económicas en los municipios que conforman la Cuenca de Mallorquín. Los resultados obtenidos de dicho análisis, permiten evidenciar un rápido y sostenido crecimiento en lo referente a la actividad urbanística principalmente en el Distrito de Barranquilla y el municipio de Puerto Colombia, acompañado de su respectivo equipamiento. Es importante anotar, que este desarrollo se ha caracterizado por la falta de planeación, por lo cual es importante establecer estrategias que permitan el ordenamiento adecuado del territorio.

La actividad minera, portuaria e industrial también han presentado un importante desarrollo en dicho territorio, el cual se espera continúe en los próximos años. No obstante, la actividad turística es la

que presenta mayores expectativas de crecimiento por varias razones, entre ellas, la concepción de la autoridades locales, regionales y nacionales que esta actividad es el pilar fundamental del crecimiento económico de dichos entes territoriales. Esto se comprueba al evidenciar una reorganización de las actividades económicas orientadas al aprovechamiento de la ubicación geográfica, cultura y estructura ecosistémica de los municipios de la Cuenca.

El plantamiento de zonificación ambiental debe responder a estas expectativas de desarrollo y en manera recíproca los diferentes gremios o grupos de interés generarán acciones que representen entre otras, una producción más limpia, ampliación de áreas estatégicas, ahorro y uso eficiente de agua, reutilización de residuos, apego total a los lineamientos de régimen de uso del suelo en términos de capacidad o uso potencial y no deben ahorrar es-

fuerzos en generar todos los mecanismos a su alcance para garantizar la perpetuidad de la estructura ecológica principal, planificando con criterio ecosistémico y teniendo muy clara la capacidad de carga y resiliencia de los sistemas intervenidos.

Por lo anterior, sí parece ser bien clara esta necesidad de concretar la visión a partir de las 7 principales actividades productivas del territorio objeto de planificación (cuenca de la ciénaga de Mallorquín) como también lo es, la necesidad de revertir procesos degradativos teniendo en cuenta el bajo porcentaje de áreas naturales no intervenidas vs. la áreas degradadas – e intervenidas.

3.2.4. Modelo referente 2015 - Producto de ajuste

3.2.4.1. Criterios de zonificación

La coyuntura actual y los lineamientos de política emanados del Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014 incorporaron varios aspectos que dan a la gestión por cuencas y especialmente a la planificación de éstas, una importancia que antes no se concebía; aquello determina que todas las estrategias de planificación ambiental deben converger en la de cuenca hidrográfica. Uno de los aspectos más relevantes es que la red hídrica es la columna vertebral de todo el componente ambiental y los abordajes en cada escala establecida tienen su lineamiento el plan materializado en El decreto 1640. De ello se puede advertir la necesidad de que en la medida de lo posible se puedan ir articulando conceptos e incorporando en la estructura metodológica de la zonificación aquellas directrices del orden nacional.

En este sentido y tomando los insumos con los que se cuenta en la actualidad para la jurisdicción de la CRA, los criterios que se van a tener en cuenta derivan en buena medida de la propuesta del MADS en la Guía de soporte (borrador en construcción MADS) con aportes conceptuales y metodológicos del grupo de expertos autores de la presente propuesta que se asumen interpretan de mejor manera la necesidad y son los siguientes con los insumos disponibles:

3.2.4.1.1. Áreas estratégicas

En esta primera etapa se identifican las áreas prioritarias de importancia estratégica para la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos los cuales se caracterizan por propender por el mantenimiento la base natural, la cual soporta y garantiza la funcionalidad ecosistémica de la cuenca y la capacidad de soporte para el desarrollo socioeconómico de la población. En la metodología se definen tres tipos de áreas estratégicas que contribuyen a este propósito:

- *Áreas de importancia estratégica para la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos.*
- *Áreas pertenecientes al Sistema Nacional de Áreas Protegidas.*
- *Otras áreas estratégicas para la conservación las cuales busca establecer y mantener diversidad biológica.*

Estas áreas corresponden a zonas de aptitud para preservación y conservación, incluyendo aquellas que requieran medidas de restauración que por su importancia para la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, son tratadas desde el inicio de la ordenación como zonas estratégicas objeto de manejo especial, ya que de su protección depende la integridad natural de la cuenca. Es probable que muchas de estas zonas no estén en estado natural debido a procesos de transformación, lo que indica mayor prioridad para su protección y manejo especial, por esta razón se trataran de manera independiente y será referente en todo el proceso dejando claro su estatus como áreas de importancia natural con prioridad a ser manejadas con criterios de conservación. Las áreas estratégicas identificadas en esta etapa son espacializados cartográficamente de acuerdo a la función o servicio que presenten en la cuenca.

☛ *Áreas de importancia estratégica para la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos*

Son áreas que garantizan la conservación y protección de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, con el fin de conservar valores sobresalientes de fauna, flora y paisajes, perpetúan el estado natural de las especies bióticas, mantienen la diversidad biológica y asegura la estabilidad ecológica (Decreto 1974 de 1989).

Incluye las áreas que deben ser objeto de especial protección ambiental (Decreto 3600 de 2007, Artículo 4.1.) de acuerdo con la normativa vigente y las que garantizan la conservación y protección y conforman elemento constitutivo natural como áreas de especial interés ambiental, científico y paisajístico en (Decreto 1504 de 1998, Artículo 5).

Las áreas de importancia estratégica para la conservación del recurso hídrico por su utilidad para surtir de agua los acueductos municipales y distritales. (Artículo 111 de la Ley 99 de 1993).

En tal sentido, los ecosistemas a evaluar en este grupo:

- *Manglares*
- *Bosques Secos*
- *Humedales, Pantanos, lagos, lagunas y ciénagas*

- *Áreas de cuencas abastecedoras de acueductos municipales y distritales:*
- *Áreas con alta presencia de especies de flora y fauna endémicas o clasificadas bajo una categoría de amenaza.*
- *Otras áreas identificadas por servicios ecosistémicos: corresponde a ciertos ecosistemas estratégicos y áreas naturales que mantienen la estructura, composición y función, así como los procesos ecológicos y evolutivos que los sustentan y cuyos valores naturales y culturales asociados se ponen al alcance de la población humana para destinarlas a su preservación, restauración, conocimiento y disfrute.*

☛ *Áreas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas*

Por "área protegida" se entiende un área definida geográficamente que haya sido designada o regulada y administrada a fin de alcanzar objetivos específicos de conservación (Ley 162, 1994). Esta definición complementa la establecida en el Artículo 3. Decreto 2372 de 2010 donde estas son el conjunto de las áreas protegidas, los actores sociales e institucionales y las estrategias e instrumentos de gestión que las articulan, que contribuyen como un todo al cumplimiento de los objetivos generales de conservación del país.

En la actualidad, la cuenca cuenta con una cobertura de 299 ha, asociada principalmente a las lagunas costeras de Mallorquín sector la Playa sector sur de occidente, y Las Flores en el nor- oriente constituido por un rodal que acompaña al tajamar hasta la barra de arena que delimita la ciénaga. El segundo sector está comprendido entre la ciénaga de Mallorquín y Manatíes, el cual está conformado por playones de sedimentos provenientes del río Magdalena.

☛ *Ecosistemas estratégicos*

- *Manglares*

Los manglares son las formaciones vegetales con mayor desarrollo de biomasa en suelos salinos, lo cual evidencia su altísima productividad primaria (Figura 3-79). Si bien su fauna terrestre asociada, no es especialmente diversa, para la zona constituyen una comunidad de gran importancia, ya que sirve de hábitat y salacuna a especies de interés económico para la comunidad pesquera. Adicionalmente tiene un valor como elemento ambiental porque brinda una barrera de protección contra la erosión costera, y depurador de contaminantes en el agua.

En la actualidad, la cuenca cuenta con una cobertura de 305.3 Km², asociada principalmente a las lagunas costeras, principalmente a la de Mallorquín en conocido como la Playa sector sur de occidente,

y Las Flores en el sector nor-oriental constituido por un rodal que acompaña al tajamar hasta la barra de arena que delimita la ciénaga Mallorquín. El segundo sector está comprendido por el sector ubicado entre la ciénaga de Mallorquín y Manatíes, el cual está conformado por playones formados por los sedimentos provenientes del río Magdalena.

- *Lagunas costeras*

Estos cuerpos de agua hacen parte del sistema estuarino-marino de las áreas de manglar Mallorquín-Manatíes-Sabanilla, con geoformas predominante de pantanos de manglar asociados a playones formados por antiguos cordones litorales o por la influencia deltaica del río Magdalena, playas, y ciénagas como ecosistemas estuarinos litorales.

Entre estos se encuentra la ciénaga de Mallorquín, ubicada al noreste del departamento del Atlántico, al oeste del río Magdalena, ocupando actualmente una superficie de 741 ha aproximadamente, un perímetro de 19.53 Km² y una profundidad máxima de 1,3 m (Figura 3-79.) hace 50 años formaba parte del delta externo del Río Magdalena, presentando un régimen estuarino caracterizado por abundantes recursos pesqueros y de hábitats (Ministerio del Medio Ambiente, 1997).

La Ciénagas se formaron como parte de la evolución morfodinámica del delta del río Magdalena a principios de siglo, la construcción de los tajamares de Bocas de Ceniza entre 1924 y 1936, cortó el proceso normal de estabilización costera impidiendo la comunicación del río con las ciénagas, a raíz del cambio en el transporte de los sedimentos se conformó un complejo estuarino conformado por la Ciénaga de Mallorquín, La Playa, Grande y San Nicolás (Universidad del Norte, 2005 EN: INVEMAR *Et al*, 2005). Dado el avance del proceso de erosión y la ausencia de agua dulce en la ciénaga, en los últimos años se ha comportado como una laguna costera, que recibe aportes de agua del Arroyo León, del Río Magdalena, de infiltración y la precipitación directa. El arroyo Grande es uno de los tributarios de la Ciénaga, el cual nace en la Serranía de Santa Rosa y desemboca al suroccidente de la ciénaga de Mallorquín.

La mayor importancia o servicio ecosistémico de las Lagunas costeras de la cuenca, es el de depurar contaminantes provenientes del Arroyo León, y de los centros urbanos de Sabanilla y Manatíes. También, constituyen una barrera de protección contra el oleaje y erosión costera, y es el hábitat de los peces que abastecen parte de la actividad pesquera local. Adicionalmente son reconocidas como un elemento paisajístico de alta belleza escénica y por consiguiente con un alto potencial turístico y recreativo.



Figura 3-79. Ecosistemas estratégicos: Manglares y Lagunas costeras.

- Playas

Las playas corresponden a franjas de material no consolidado en la zona de interface mar-continente como el límite de marea baja y el sitio donde se presenta un cambio marcado de la pendiente o donde la vegetación se haya establecido permanentemente. En general las playas correspondientes a la Cuenca Mallorquín, están medianamente desarrolladas, y en constante desequilibrio. Las arenas que las conforman son de origen terrígeno en su

gran mayoría de color gris provenientes del río Magdalena. Su extensión es de 99,8 hectáreas distribuidas principalmente sobre la barra que divide la ciénaga de Mallorquín con el mar, entre sabanilla y Puerto Salgar, y frente a la ciénaga de Manatías.

Los servicios ecosistémicos de las playas son reconocidos por mitigar la erosión costera, refugio de fauna marina y de recreación y turismo a la población local y regional (Figura 3-80).



Figura 3-80. Ecosistemas estratégicos: Playas

- *Bosque seco*

El Bosque Seco Tropical o Alternohídrico, ecosistema boscoso de esta zona, que se definen en un sentido amplio como un tipo de vegetación dominado típicamente por árboles deciduos (al menos un 50% de los árboles presentes - Figura 3-81).

En cuanto a su estructura, la altura del dosel oscila entre 10-20 m, y presentando algunos árboles emergentes de hasta 25 m, se encuentran 4 estratos, incluyendo el herbáceo. El epifitismo es escaso o nulo y se encuentran una gran densidad de lianas.

- *Áreas Con disposiciones Internacionales*

Áreas Ramsar

Una de las mayores acciones de conservación que se ha dado lugar para proteger en la Cuenca, ha sido sobre el humedal de la Ciénaga de Mallorquín, el cual fue incluido dentro del listado de humedales RAMSAR, sustentada en el decreto número 224 de 1998 y 3888 de 2009 con el fin de mantener su integralidad ecológica, recuperar, en la medida de lo posible, condiciones ecosistémicas propias del humedal, asegurar su perdurabilidad y mejorar su capacidad de resiliencia en el largo plazo. La definición de los límites se hizo con base en sus características ecológicas, hidrológicas, geográficas y geo-

lógicas, así como la definición de objetos de conservación. Además, se consideraron factores antrópicos como actividades de desarrollo y producción, y se incluyó un análisis de los planes de ordenamiento territorial Municipal, las propuestas de ordenamiento de cuencas hidrográficas (como las del Departamento del Atlántico), y algunos planes de desarrollo a nivel departamental y nacional.

El polígono Ramsar dentro de la Cuenca tiene 949 hectáreas abarcando ecosistemas naturales como el cuerpo de agua de la Laguna Costera de Mallorquín y el manglar que lo bordea, y poblaciones urbanas de La Playa y Las Flores (Figura 3-82).

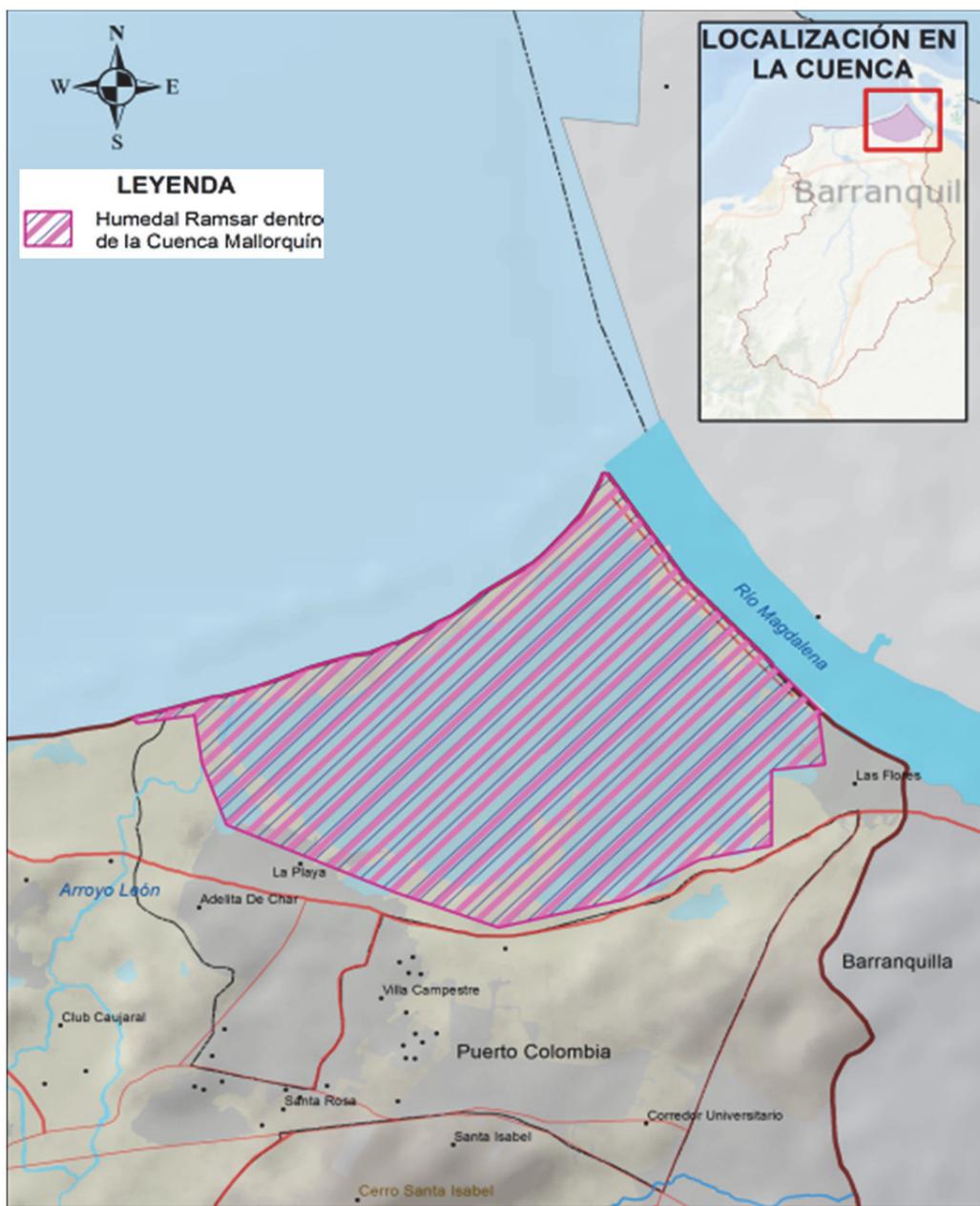


Figura 3-82. Mapa de áreas con disposiciones internacionales

- *Áreas con disposiciones Nacionales*

Suelos de protección de los Planes de Ordenamiento Territorial

Está constituido por las zonas y áreas de terrenos localizados dentro de cualquiera de las clases de suelo de que trata la Ley 388 de 1997 y que tiene restringida la posibilidad de urbanizarse debido a la importancia estratégica para la designación o ampliación de áreas protegidas públicas o privadas, que permitan la preservación, restauración o uso sostenible de la biodiversidad, de importancia municipal, regional o nacional. Si bien los suelos de protección no son categorías de manejo de áreas protegidas, pueden aportar al cumplimiento de los objetivos específicos de conservación e incluso eventualmente pueden con el tiempo concretarse a alguna categoría legal de protección del SINAP.

Áreas con categorías de protección y manejo de los Recursos Naturales

- *Ronda hidráulica (o forestal)*

Se entiende por sistema ambiental de arroyos y ríos, el Cauce Natural (Lecho y Playa fluvial) y las Riberas laterales de terreno a ambos lados de las corrientes (Ronda hídrica y Ronda Forestal), cuyas funciones básicas son: servir como faja de protección contra inundaciones y desbordamientos, conservar el recurso hidrológico de la corriente natural; servir de hábitat a especies silvestres, adecuar posibles servidumbres de paso para la extensión de redes de servicios públicos y mantenimiento del cauce y proporcionar áreas ornamentales, de recreación y para senderos peatonales ecológicos. El fin de estas áreas de protección es el control ambiental y el constituirse como faja de seguridad ante amenazas hídricas.

La dimensión las zonas de Ronda Hidráulica es variable ya que incluyen las áreas inundables por el paso de crecientes no ordinarias, y no menores a la

dispuesta por el Plan de Ordenamiento del POMCA Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León.

La Ronda Forestal incluye vegetación Riparia y zonas de protección de la ronda hidráulica.

A continuación, se consideran las definiciones de los elementos y espacios que integran el sistema ambiental de los Arroyos y Ríos:

Lecho: depósitos naturales de agua, el suelo que ocupan hasta donde llegan los niveles ordinarios por efecto de lluvias o deshielo.” (Artículo 11 Decreto 1541 de 1978)

Playa fluvial: “Playa fluvial es la superficie de terreno comprendida entre la línea de las bajas aguas de los ríos y aquella a donde llegan éstas, ordinaria y naturalmente en su mayor incremento.” (Artículo 12 Decreto 1541 de 1978)

Cauce Natural: “Se Entiende por cauce natural la faja de terreno que ocupan las aguas de una corriente al alcanzar sus niveles máximos por efecto de las crecientes ordinarias” (Artículo 11 Decreto 1541 de 1978)

Ronda Hidráulica: “Es una franja de terreno paralela y contigua a la zona de cauce permanente de corrientes o depósitos de agua; incluye las áreas inundables para el paso de crecientes no ordinarias y las necesarias para la rectificación, amortiguación, protección y equilibrio ecológico” (Orjuela, 1993).

Zona de manejo y preservación ambiental de las Rondas: “Es la superficie de terreno adyacente a la zona de Ronda o área forestal protectora que debe garantizar su mantenimiento, protección y preservación ambiental” (Orjuela, 1993).

Ribera: “Es la porción de terreno adyacente al cauce, partiendo de la línea superior de la playa o del borde superior de la orilla cuando este borde cae de forma perpendicular sobre la corriente o depósito” (Orjuela, 1993).

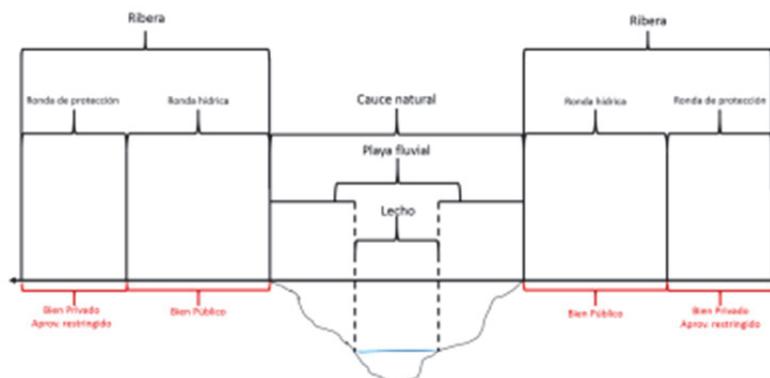


Figura 3-83. Esquema de la composición de las rondas hídricas – hidráulicas

Los bosques riparios o rondas de protección de arroyos generan servicios como: remover por completo el exceso de nitrógeno, filtrar sedimentos y fosforo actuando como un retenedor de nutrientes en los arroyos, las raíces de los arboles ayudan a estabilizar la corriente de los arroyos al sostener el suelo en su lugar. Los bosques riparios también disminuyen la velocidad de la corriente causando que se pierdan sedimentos. El rol más importante de los bosques riparios es el atrapar y retener nutrientes al fijarlos al suelo y convertirlos en biomasa, activando el ciclaje de nutrientes y aumentando la sostenibilidad de la diversidad biológica y sistemas agrícolas.

La influencia de la zona riparia además tiene efecto sobre la tasas de crecimiento, abundancia y estructura de la comunidad de invertebrados, tanto por su incidencia en la cantidad y calidad del alimento como por su efecto indirecto sobre la producción primaria autóctona del sistema. Así mismo, el bosque de ribera incide sobre la disponibilidad del alimento y de hábitats para las comunidades de peces.

Los corredores riparios de los arroyos de primero, segundo y tercer orden deben tener una distancia perpendicular al borde del arroyos de al menos 50 metros con el fin de garantizar hábitats con condiciones favorables y apartados de disturbios antrópicos o del borde del bosque, en donde la fauna podrá permanecer en época seca o utilizarlos como conectores entre fragmentos de bosques aislados. Los bosques riparios están rodeados por hábitats

pobres para la vida silvestre y por lo tanto soportan altas densidades y diversidad de especies.

La destrucción de los bosques riparios aumenta la vulnerabilidad y por lo tanto la probabilidad de que ocurra una inundación, problema ambiental que quedó evidenciado en la última ola invernal acometida por el fenómeno de la niña durante el año 2010 y que tuvo su mayor repercusión en los meses de noviembre y diciembre. A raíz de esta problemática, mediante el decreto 4628 de 2010 quedo expuesto en el artículo 4 la necesidad de *“La preservación, conservación, mantenimiento y ampliación de las zonas de ronda de protección o fajas paralelas de protección de fuentes hídricas y cuerpos de agua como ríos, quebradas, arroyos, manantiales, lagunas, lagos, meandros, humedales, ciénagas y demás; así como la preservación, conservación, mantenimiento y ampliación de sus zonas de manejo, zonas de protección ambiental y rondas hídricas.”*

En la Mallorquín, es evidente el grave estado de deterioro en que se encuentran estas coberturas, pues en su mayoría, han sido transformadas (>90%), en especial en las zonas planas. Por consiguiente se considera necesario definir las rondas de los arroyos en la categoría de Restauración para la conservación, con el fin de dar lugar a procesos que conlleven su recuperación y funcionalidad dentro del territorio.



Para el índice, cuando la distancia entre los bordes más cercanos de los parches es mayor a la capacidad de dispersión, entonces $p_{ij}=0$. Donde P_{ij} es la probabilidad de un parche (donde un trayecto está compuesto de pasos, y cada parche es visitado más de una vez); P^*_{ij} es el producto de todas las P_{ij} pertenecientes a cada paso en el trayecto, definido como el máximo producto de las probabilidades de todos los posibles trayectos entre el parche i y j .

Si no hay parches intermedios entre los parches i y j , la máxima probabilidad de un trayecto será un simple paso (movimiento directo) entre parches i y j ($P^*_{ij}=P_{ij}$). Por el contrario si los parches i y j están más distantes, el “mejor” trayecto puede comprender varios pasos a través de parches para un mejor rendimiento $P^*_{ij}>P_{ij}$, donde la máxima probabilidad de un trayecto va a ser igual a la del trayecto más corto. De tal manera que el índice PC se incrementa con el aumento de conectividad (Figura 3-85).

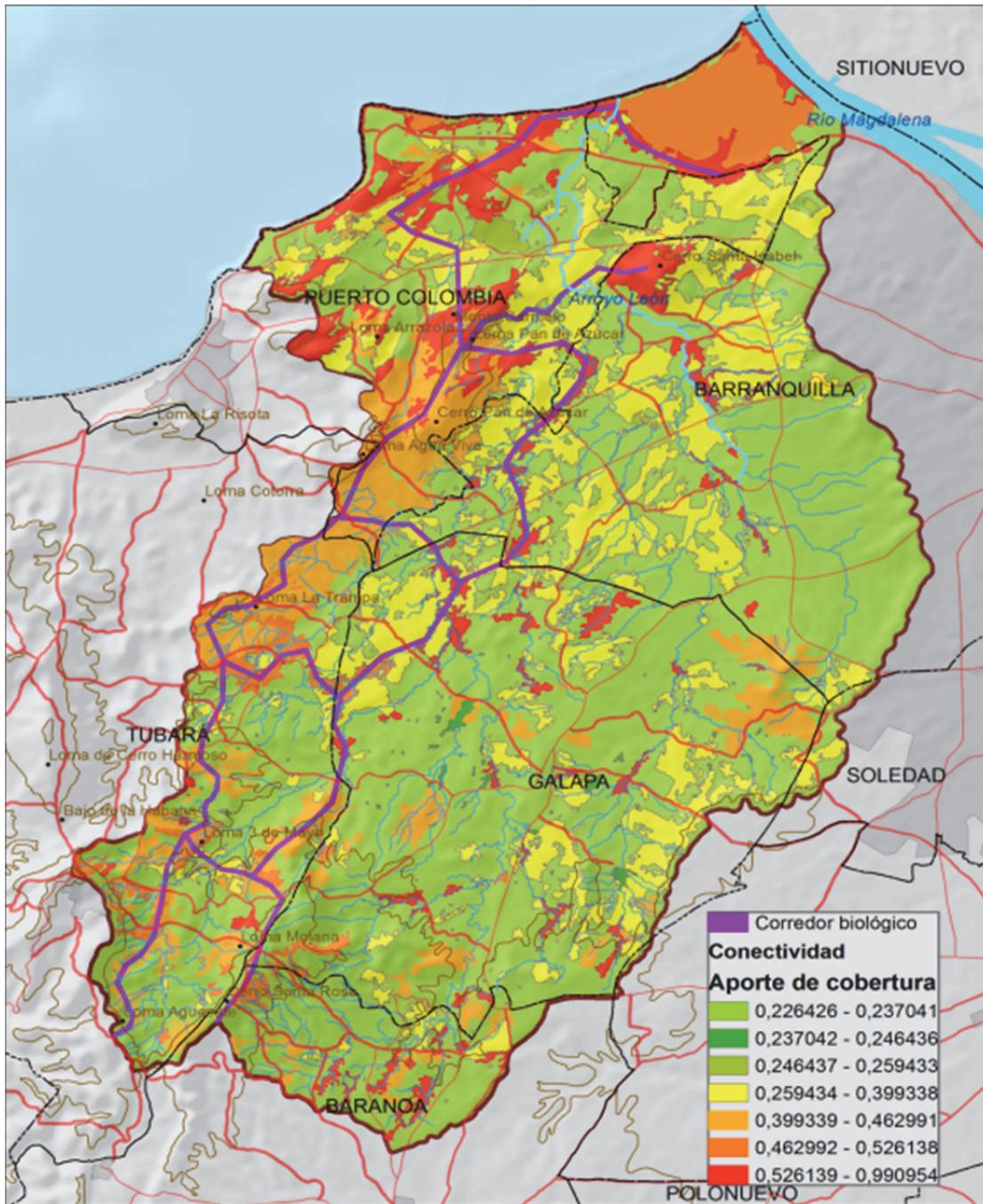


Figura 3-85 Conectividad del paisaje en la Cuenca Mallorquín y posibles corredores biológicos

Los resultados indicaron las coberturas con mayor funcionalidad en cuanto su capacidad de permitir una mayor permanencia de poblaciones silvestres. A partir de las áreas más funcionales (En rojo las coberturas con mayor funcionalidad y en verde las de menor) se diseñó un corredor biológico, el cual permitirá la persistencia y sostenibilidad de la biodiversidad.

- *Recarga de acuíferos*

La diversidad de la vida en las zonas de recarga de acuíferos, contribuyen a la biodiversidad en los sistemas riberos y redes riparias. Estas zonas difieren en sus atributos físicos, químicos y bióticos, por ende proveen de hábitat a un gran número de especies. Las especies en los nacimientos incluyen especies residentes como también las migrato-

rias que se desplazan y migran en temporadas de lluvia o ciclos de vida. Preservar la cobertura natural de estas áreas garantiza una mayor captación y protección de agua en época de lluvia, producción de biomasa, estabilidad en el ciclaje de nutrientes, evita la pérdida de suelo, provee de refugio permanente y estacional para muchas especies, son puntos de paso para especies migratorias.

Aunque no se tienen cálculos sobre las zonas de mayor recarga de acuíferos para la cuenca, se estima por las salidas a campo que la vegetación presente después de la cota de los 90 metros sobre el nivel del mar denota características de zonas húmedas por el follaje de la vegetación más exuberante y especies epifitas características de estas zonas (Figura 3-86).



Figura 3-86. Zonas de recarga de acuíferos.

3.2.4.1.2. Evaluación de Conflictos

La evaluación del conflicto de uso del suelo se realiza a partir de análisis de los atributos de pendiente, el drenaje natural, la erosión y el clima; incluye, además, las subclases que toman en cuenta limitantes permanentes como la misma pendiente, profundidad del suelo y otros que pueden ser corregidos tomados en el estudio de suelos del IGAC en el año 2007, y con el cual elaboran el mapa de capacidad agrológica. Este mapa es luego contrastado con el uso actual del suelo con el fin de determinar las zonas de conflicto sobre usos inadecuados.

Capacidad de uso del suelo

El estudio de suelos actualizado en 2007 por el IGAC, indica que los suelos de la cuenca Mallorquín corresponden a 4 de las 8 clases agrológicas aceptadas universalmente. La localización de estas clases de suelos en la cuenca se aprecia en la (Figura 3-87).

A continuación se describen las clases agrológicas para la Cuenca y sus porcentajes de distribución (Tabla 3-38).

Clase III. Aptas para la explotación ganadera con pastos mejorados, y actividades agrícolas en época de lluvia o todo el año con sistemas de riego: maíz, yuca, ajonjolí, sorgo, frijol, algodón, plátano, frutas

Clase IV. La mejor aptitud de estos suelos es la ganadería semiextensiva y la explotación de algunos a cultivos durante los periodos lluviosos: Maíz, yuca, frijol. Con sistemas adecuados de riego, se puede incrementar notablemente el rendimiento de los pastos y aumenta la gama de cultivos agrícolas con producción durante todo el año.

Clase VI. Suelos no aptos para la actividad agrícola; su uso más adecuado es la conservación de la vegetación natural, y la reforestación combinada con ganadería extensiva.

Clase VII. Su aptitud más aconsejable es la reforestación y la conservación de la vegetación nativa existente. No ofrecen ninguna posibilidad agropecuaria, aunque en casos extremos se pueden emplear en ganadería extensiva.

Cuerpos de agua. Áreas en contacto con sectores inundables. No son aptas para actividades agropecuarias.

Tabla 3-38. Porcentaje de clases agrológicas en la Cuenca Mallorquín

Clase	Porcentaje	Clase	Porcentaje
III	3.0%	Cuerpo de agua	3.2%
IV	64.6%	Zona Costera	2.0%
VI	14.0%	Zona Urbana	10.7%
VII	2.5%		

Uso del suelo actual

Tabla 3-39. Uso actual del suelo en la cuenca de Mallorquín

USO ACTUAL DEL SUELO	PORCENTAJE
Protección, conservación, aprovechamiento	34.3%
Recuperación	17.0%
Vivienda	14.3%
Ganadería, con pastoreo extensivo semi-intensivo o intensivo	13.4%
Protección, conservación	5.6%
Ganadería, con pastoreo extensivo, semi-intensivo o intensivo; protección	2.9%
Protección, conservación, pesca	2.7%
Sin uso, en recuperación	2.1%
Agricultura, protección, ganadería, con pastoreo extensivo, semi-intensivo o intensivo	1.9%
Ganadería, con pastoreo extensivo, semi-intensivo o intensivo	1.3%
Minería	1.2%
Regulación caudales, reserva agua	1.1%
Industria, comercio	0.9%
Recreación	0.4%
Protección, conservación, pesca, transporte	0.3%
Depósito de residuos sólidos	0.3%



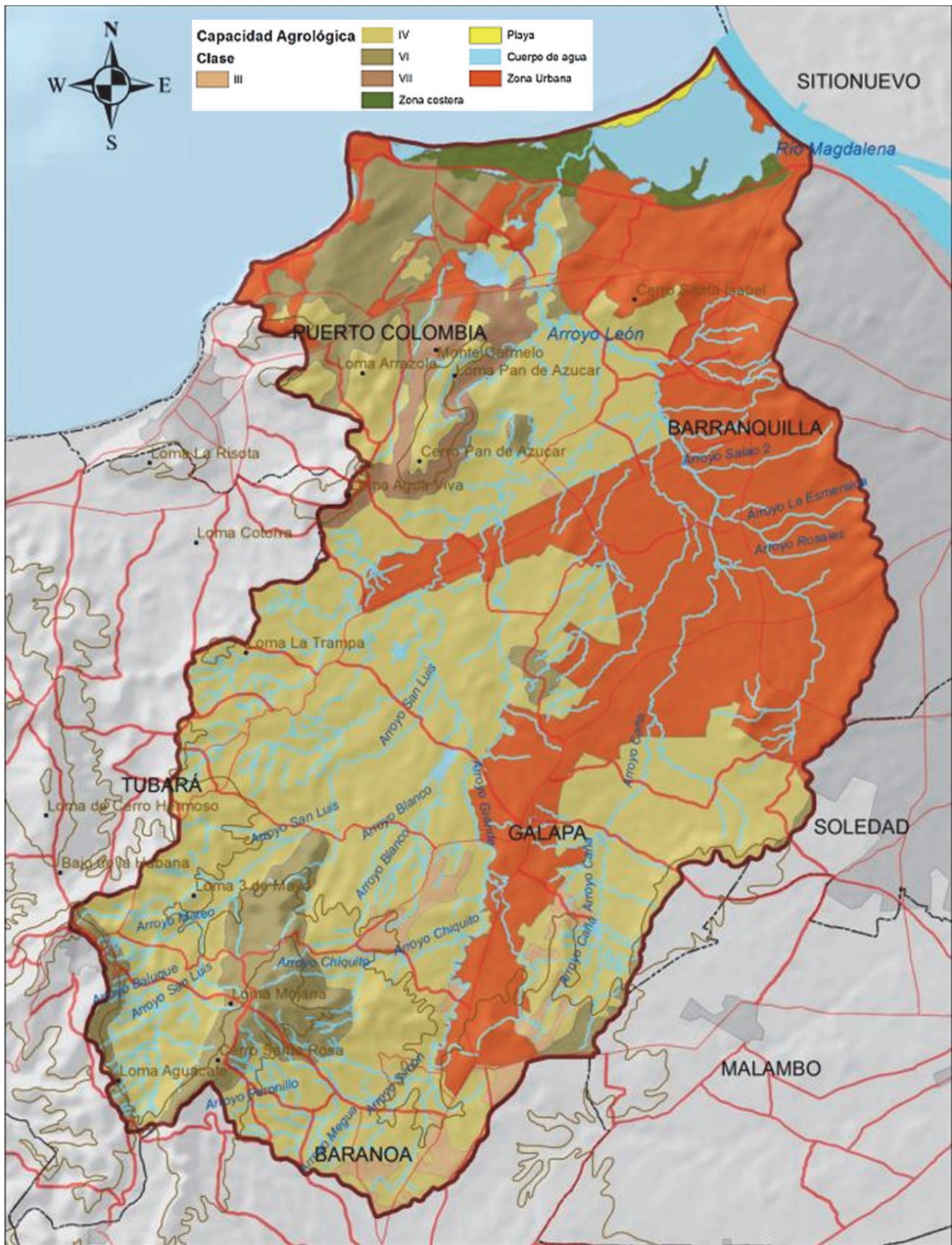


Figura 3-87. Capacidad agrológica en la Cuenca Mallorquín.

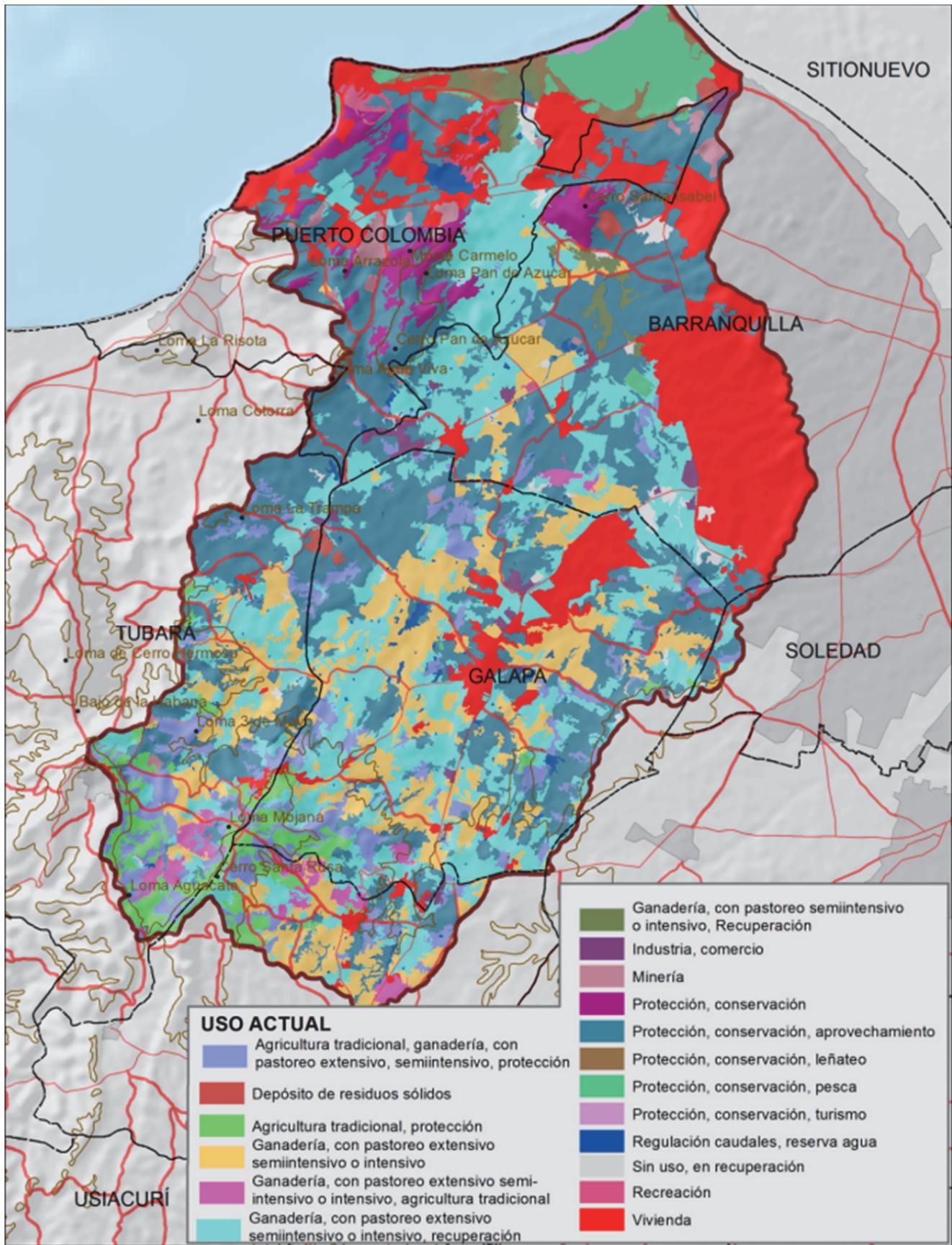


Figura 3-88 Uso actual del suelo

☛ *Conflicto de uso del suelo*

En la siguiente tabla se muestra la relación, hectáreas y conflicto entre el uso actual y uso recomendado por el IGAC, y en la Figura 3-89 el conflicto de uso de suelo actual.

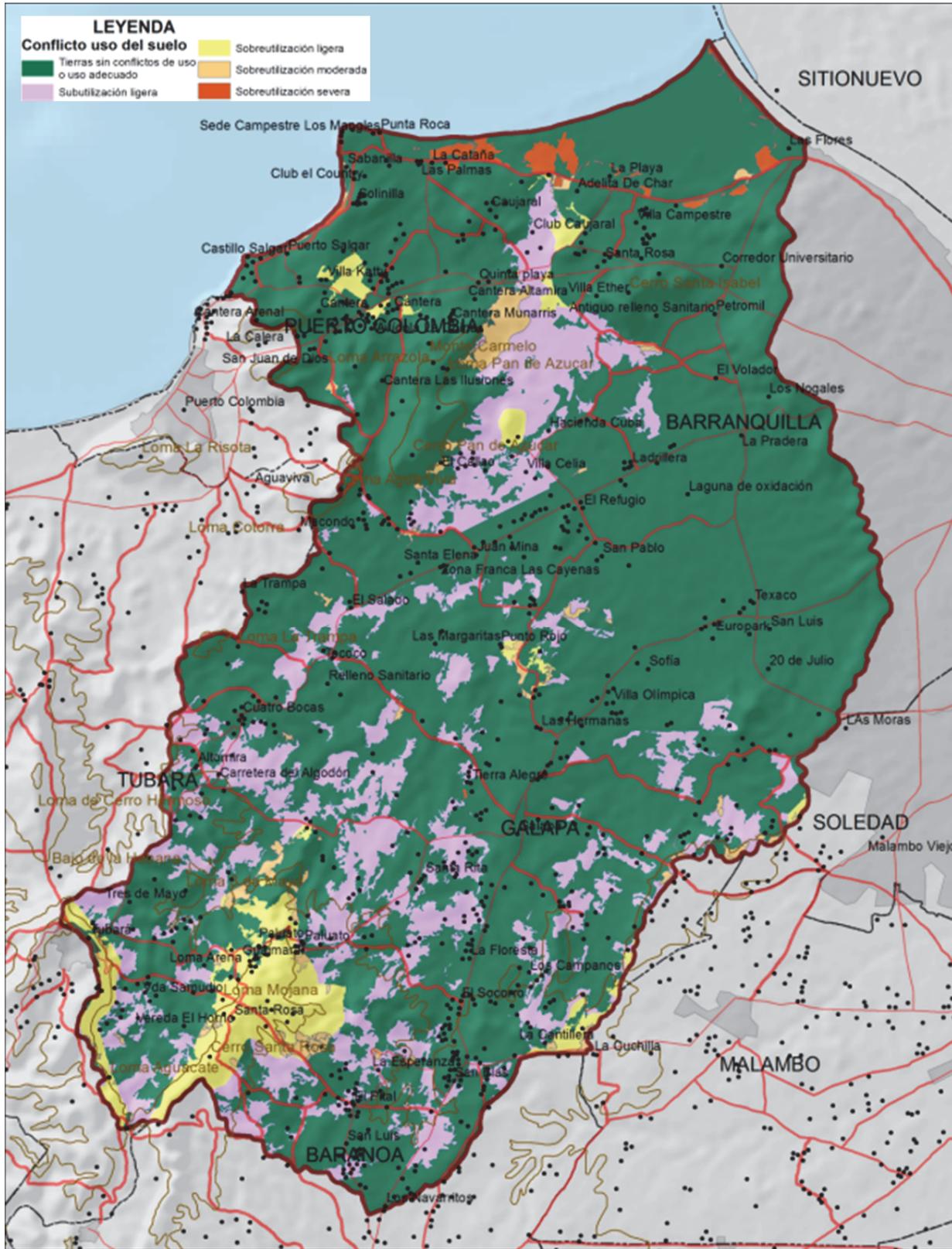


Figura 3-89 Conflicto de uso actual

Uso actual	CAPACIDAD AGROLÓGICA (IGAC)														Total
	Tipo III (ha)	Calificación	Tipo IV (ha)	Calificación	Tipo VI (ha)	Calificación	Tipo VII (ha)	Calificación	Cuerpo de agua (ha)	Calificación	Zona Costera (ha)	Calificación	Zona Urbana (ha)	Calificación	
Agricultura, protección, ganadería con pastoreo extensivo, semi-intensivo o intensivo	24	No hay	331	No hay	214	Baja	0	Alta	0	Muy alta	0	Muy alta	2	Muy alta	571.9
Depósito de residuos sólidos	0	No hay	85	No hay	0	No hay	0	No hay	1	Muy alta	15	Muy alta	2	No hay	102.8
Ganadería, con pastoreo extensivo, semi-intensivo o intensivo	390	Baja	3796	Medio	192	Muy alta	3	Muy alta	0	Muy alta	35	Muy alta	15	No hay	4432
Ganadería, con pastoreo extensivo, semi-intensivo o intensivo; protección	4	Baja	410	Alta	456	Alta	0	Muy alta	0	Muy alta	0	Muy alta	5	No hay	874.3
Industria, comercio	13	No hay	222	No hay	2	No hay	0	Baja	0	Muy alta	7	Baja	26	No hay	269.3
Minería	0	No hay	198	No hay	95	No hay	46	No hay	0	Muy alta	2	Muy alta	24	No hay	364.5
Protección, conservación	17	No hay	932	No hay	262	No hay	164	No hay	38	No hay	236	No hay	34	No hay	1,683.2
Protección, conservación, aprovechamiento	106	No hay	7774	No hay	1523	No hay	482	No hay	12	No hay	102	No hay	291	No hay	10,290.0
Protección, conservación, pesca	0	No hay	38	No hay	5	No hay	0	No hay	749	No hay	23	No hay	2	No hay	817.0
Protección, conservación, pesca, transporte	0	No hay	0	No hay	7	No hay	0	No hay	57	No hay	33	No hay	0	No hay	98.0
Recreación	1	No hay	34	No hay	80	No hay	0	No hay	2	No hay	0	No hay	2	No hay	118.5
Recuperación	300	No hay	4238	No hay	474	No hay	12	No hay	0	No hay	13	No hay	49	No hay	5,086.6
Regulación caudales, reserva agua	5	No hay	193	No hay	33	No hay	1	No hay	81	No hay	13	No hay	12	No hay	338.2
Sin uso, en recuperación	0	Baja	474	No hay	101	No hay	0	No hay	1	Alta	38	Media	26	No hay	639.0
Vivienda	29	Baja	629	No hay	746	No hay	53	Media	11	Alta	84	Media	2729	No hay	4,281.5

Conflictos por recurso hídrico

Los indicadores propuestos en el ENA 2010, se enmarcan en “la necesidad de la política nacional para la Gestión Integral de Agua, del Plan Hídrico Nacional y del Sistema de Información del Recurso Hídrico” con el objeto de contar con un soporte sólido que permita la toma de decisiones a nivel nacional y regional. Se incluyen en el análisis por la sugerencia metodológica de la guía y como elemento esencial de descripción de la condición actual de la cuenca con fundamento en este criterio.

La metodología propone el empleo de indicadores para caracterizar el régimen hídrico, analizando entre otras, las condiciones de aridez y la capacidad de un sistema natural de retener y regular los caudales. El primero se evalúa mediante el índice de aridez (Ia) y el segundo mediante el índice de retención y regulación hídrica (IRH). Además de éstos índices también se proponen los siguientes:

- Índice de uso del agua. (IUA).
- Índice de vulnerabilidad hídrica por desabastecimiento (IVHD)
- Índice de calidad del agua (ICA)
- Índice de alteración potencial de la calidad (IACAL)

A continuación se realiza una evaluación de los índices de IA, IRH, IUA y IVHD, relacionados con la oferta del recurso, no se evaluaron los índices ICA e IACAL por no contar con la información suficiente a nivel de subcuencas de los parámetros DQO, OD, SST, conductividad y PH. Por lo tanto dentro de las recomendaciones planteadas a la autoridad ambiental (CRA) está la de realizar compañías anuales de monitoreo de estas variables a fin de completar las variables que permitan una mejor toma de decisiones.

• Índice de regulación hídrica (IRH)

Este índice evalúa la capacidad de una cuenca para mantener un régimen de caudales teniendo en cuenta la interacción del sistema suelo – vegetación con las condiciones climáticas y con las características físicas y morfométricas de la cuenca. Para su evaluación requiere de series históricas con datos de más de 15 años y se calcula con base en la relación entre el volumen representado por el área que se encuentra por debajo de la línea del caudal medio y el correspondiente al área total bajo la curva de duración de caudales diarios (Figura 3-90).

$$IRH = \frac{VP}{Vt}$$

Dónde:

IRH: Índice de retención y regulación hídrica.

VP: Volumen representado por el área que se encuentra por debajo de la línea del caudal medio.

Vt: Volumen total representado por el área bajo la curva de duración de caudales diarios.

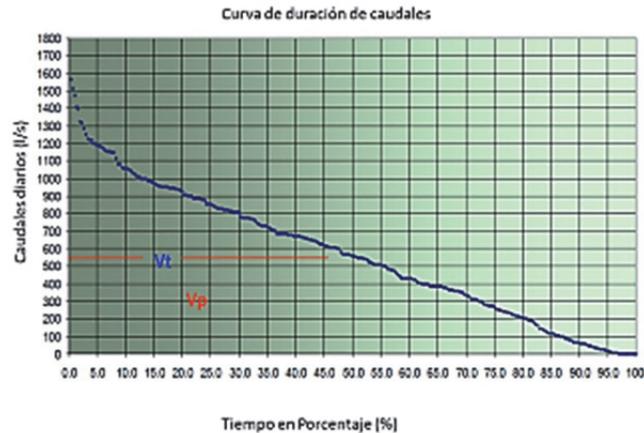


Figura 3-90. Ejemplo curva de duración de caudales medios diarios . Fuente: ENA 2010. IDEAM.

Este índice se mueve en el rango entre 0 y 1, correspondiendo los valores bajos a cuencas con menor regulación. Para su representación se emplea una escala de colores como se indica en la Tabla 3-40.

Tabla 3-40 Clasificación IRH. Rango de colores

RANGO DE VALORES DEL INDICADOR	CALIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
>0,85	Muy alta	Muy alta retención y regulación de humedad
0,75 – 0,85	Alta	Alta retención y regulación de humedad
0,65 – 0,75	Moderada	Moderada retención y regulación de humedad
0,50 – 0,65	Baja	Baja retención y regulación de humedad
<0,50	Muy baja	Muy baja retención y regulación de humedad

Fuente: ENA 2010

Para el cálculo del IRH por subcuenca, se determinaron las curvas de duración de los caudales históricos 1982 – 2012, obtenidos a partir del modelo lluvia escorrentía. En estas curvas se observa una pendiente fuerte, pasando de valores máximos a cero. Lo cual indica, la capacidad de regulación de la subcuencas en la unidad de tiempo. En todas las curvas de duración el caudal medio, correspondiente al percentil 50, es igual a cero. Por tanto, los arroyos analizados corresponden a corrientes efímeras de respuesta muy instantánea.

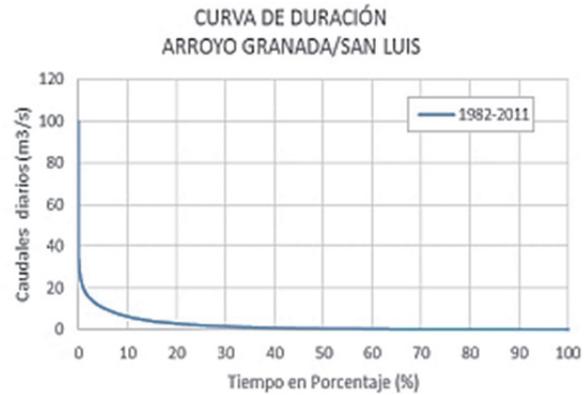


Figura 3-91. Curva de duración de las subcuencas de Mallorcaín



Figura 3-91. Continuación.

los IRH teniendo en cuenta el volumen representado por el área que se encuentra debajo del caudal promedio (IRH promedio).

Tabla 3-41. Índices de Regulación hídrica de las subcuencas de Mallorquín, datos 1982 - 2011.

Subcuenca	IRHp50	IRHpromedio	Categoría IRH<0.5
Grande/Oriental C Pan Azúcar	0	0.30	Muy bajo
Granada/San Luis	0	0.21	Muy bajo
Hondo/León	0	0.27	Muy bajo
Cisne	0	0.15	Muy bajo
Baja/Plano Costero	0	0.19	Muy bajo
Pérdida Cantera	0	0.03	Muy bajo

A continuación se presentan los cálculos de los índices de regulación hídrica para cada subcuenca, teniendo en cuenta la metodología sugerida por el ENA 2010 (IRHp50). Adicionalmente, se calcularon

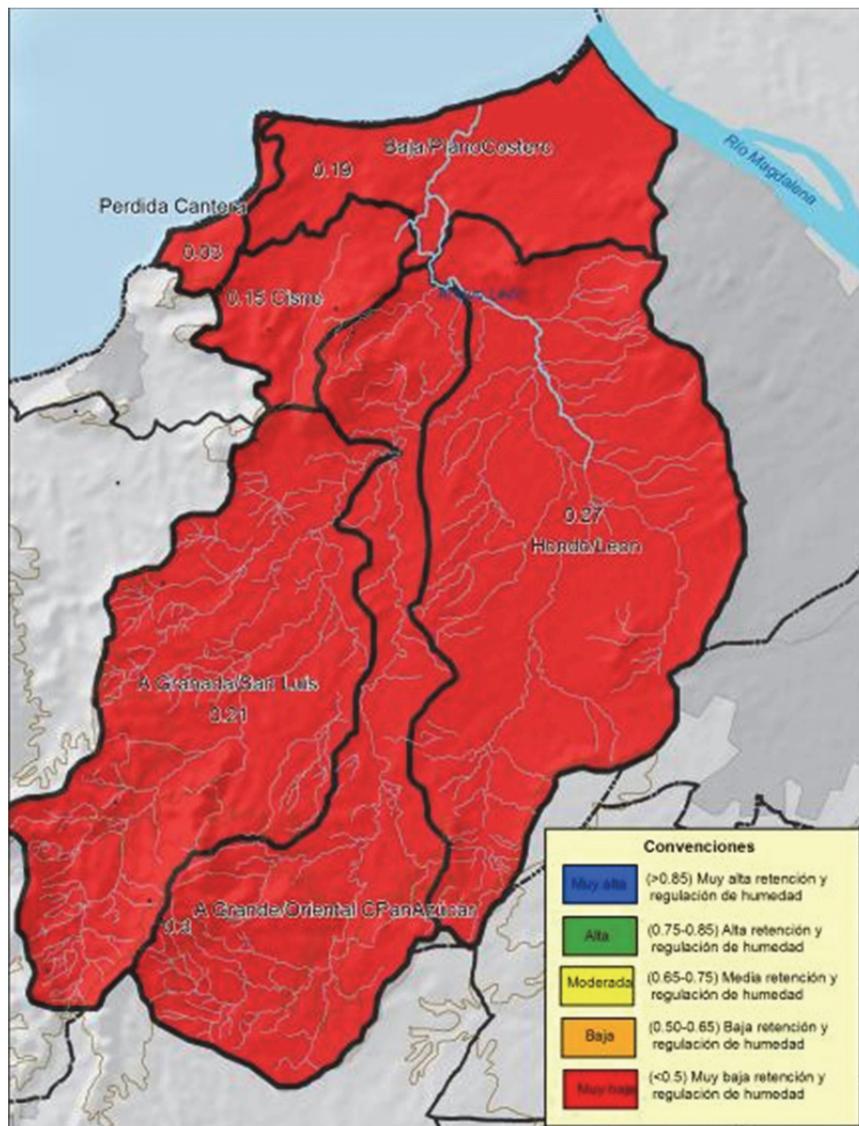


Figura 3-92. Mapa de índice de regulación hídrica

Es importante destacar, que la subcuenca Plano Costero, presenta capacidad de almacenamiento debido a la presencia de la Ciénaga de Mallorquín. Lo cual no fue considerado para el cálculo de la curva de duración. Por lo cual, el índice de regulación hídrica es muy bajo. Es importante anotar que el uso actual de la ciénaga de Mallorquín está concentrado en explotación pesquera y existen requerimientos para aprovechamientos de uso turístico.

- *Índice de aridez (IA)*

Permite medir el grado de suficiencia o insuficiencia de la precipitación para el sostenimiento de los ecosistemas de una región, para su evaluación requiere de series históricas de al menos 15 años de precipitación, caudal y temperatura, además de las variables requeridas para el cálculo de la evapotranspiración potencial. El indicador emplea las ecuaciones de Turc (1955) y Budyko modificada (1974) para el cálculo de la evapotranspiración real (ETR) y la de Penman – Montieith para el cálculo de la evapotranspiración potencial (ETP).

$$Ia = (ETP - ETR)/ETP$$

Dónde:

Ia: Índice de aridez.

ETP: Evapotranspiración potencial (mm).

ETR: Evapotranspiración real (mm).

Cálculo de la ETR según Turc:

$$ETR = P / (0.9 + (P^2/L^2))^{0.5}$$

$$L = 300 + 25T + 0.005T^3$$

Dónde:

ETR: Evapotranspiración real (mm).

ETP: Evapotranspiración potencial (mm).

P: Precipitación (mm).

L: Factor heliotérmico.

T: Temperatura (°C).

Cálculo de la ETR según Budyko:

$$ETR = \left[\left(ETP * P * \tanh\left(\frac{P}{ETP}\right) \right) \left(1 - \cosh\left(\frac{ETP}{P}\right) \right) + \sinh\left(\frac{ETP}{P}\right) \right]^{\frac{1}{2}}$$

Dónde:

ETR: Evapotranspiración real (mm).

ETP: Evapotranspiración potencial (mm).

P: Precipitación (mm).

Este índice puede ser menor 0.15 indicando altos excedentes de agua, entre 0.15 y 0.59 moderados, y mayor a 0.60 alto déficit de agua. Para su representación se emplea una escala de colores como se indica en la Tabla 3-42

Tabla 3-42 Clasificación IA. Rango de colores

ÍNDICE DE ARIDEZ
Altos excedentes de agua (<0,15)
Excedentes de agua (0,15 – 0,20)
Moderados excedentes de agua (0,20 – 0,39)
Moderado (0,30 – 0,39)
Moderado a deficitario de agua (0,40 – 0,49)
Deficitario de agua (0,50 – 0,59)
Alto déficit de agua (>0,60)

Fuente: ENA 2010.

En el presente estudio, se aplicó la formulación de Turc.

- *Calculo de la Evapotranspiración Real*

Para el cálculo de la evapotranspiración real se implementó la fórmula de Turc (1995). Se determinó Factor Heliotérmico (L) y en conjunto con los valores de precipitación 1982-2011 se calculó la evapotranspiración real. El mínimo valor de evapotranspiración real mensual en las subcuencas fue de 0.2 mm, y se presentó en enero en las subcuencas de Cisne, Plano Costero y Perdida Cantera; y el valor máximo fue de 200.3mm y se presentó en el mes de Octubre en la subcuenca Oriental C. Pan de Azúcar. El valor máximo de evapotranspiración anual se presentó en la subcuenca Oriental C. Pan de Azúcar, con 92.1 mm, y el mínimo valor fue en la subcuenca Pedida Cantera con 74.7mm (Tabla 3-43).



Tabla 3-43 . Evapotranspiración real mensual y anual, para las subcuencas de Mallorquín.

ETR (mm)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
L	1069	1071	1082	1101	1115	1119	1114	1114	1105	1095	1096	1083	1097
San Luis	0.5	0.7	1.8	24.2	91.5	93.2	77.3	181.7	154.0	196.2	128.4	37.7	82.8
Oriental C. Pan de Azúcar	4.0	1.6	6.5	45.5	117.0	106.5	101.6	187.7	157.6	200.3	130.8	39.3	92.1
Arroyo Hondo	0.9	0.7	1.8	24.5	112.6	82.0	78.4	165.4	155.8	183.7	118.3	40.0	80.8
Cisne	0.2	0.5	1.4	13.8	88.3	69.6	58.5	171.7	145.1	189.4	119.1	35.1	74.8
P Cantera	0.2	0.5	1.4	13.8	87.3	68.8	58.5	172.6	144.7	190.3	118.0	34.5	74.7
Plano Costero	0.2	0.6	1.1	14.0	98.7	77.2	58.9	162.9	149.5	180.5	130.0	41.1	76.6

Con los valores de evapotranspiración potencial y real se calculó el índice de Aridez (Ia), a nivel mensual y anual. De este índice se pudo observar que los meses críticos son los meses de Diciembre hasta Abril en donde los índices sugieren un alto déficit de agua. Entre Agosto y Septiembre debido a la pluviosidad, los valores del índice sugieren un valor de Altos excedentes de agua. Y en el mes de Octubre, el índice de aridez es negativo, puesto que se

presentan las mayores precipitaciones, y por tanto, evapotranspiración real es mayor.

A partir de los valores de estos índices a nivel anual se puede decir que la subcuenca San Luis, Oriental - C. Pan de Azúcar y Arroyo Hondo posee un moderado a deficitario de agua y que las subcuencas Cisne, Perdida Cantera y Plano Costero presenta alto déficit de agua (Tabla 3-44 - Figura 3-94).

Tabla 3-44. Índice de aridez mensual y anual para las subcuencas de Mallorquín.

SUBCUENCA	ÍNDICE DE ARIDEZ (IA)												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
San Luis	1.00	0.99	0.99	0.85	0.49	0.48	0.57	-0.03	0.03	-0.27	0.13	0.74	0.47
Oriental C. Pan de Azúcar	0.97	0.99	0.96	0.72	0.34	0.40	0.43	-0.07	0.01	-0.29	0.12	0.73	0.42
Arroyo Hondo	0.99	0.99	0.99	0.85	0.37	0.54	0.56	0.06	0.02	-0.18	0.20	0.72	0.49
Cisne	1.00	1.00	0.99	0.91	0.50	0.61	0.67	0.02	0.09	-0.22	0.20	0.75	0.52
P Cantera	1.00	1.00	0.99	0.91	0.51	0.61	0.67	0.02	0.09	-0.23	0.20	0.76	0.53
Plano Costero	1.00	1.00	0.99	0.91	0.45	0.57	0.67	0.07	0.06	-0.16	0.12	0.71	0.51

Índice de Aridez (Ia) - Subcuencas de la Mallorquín

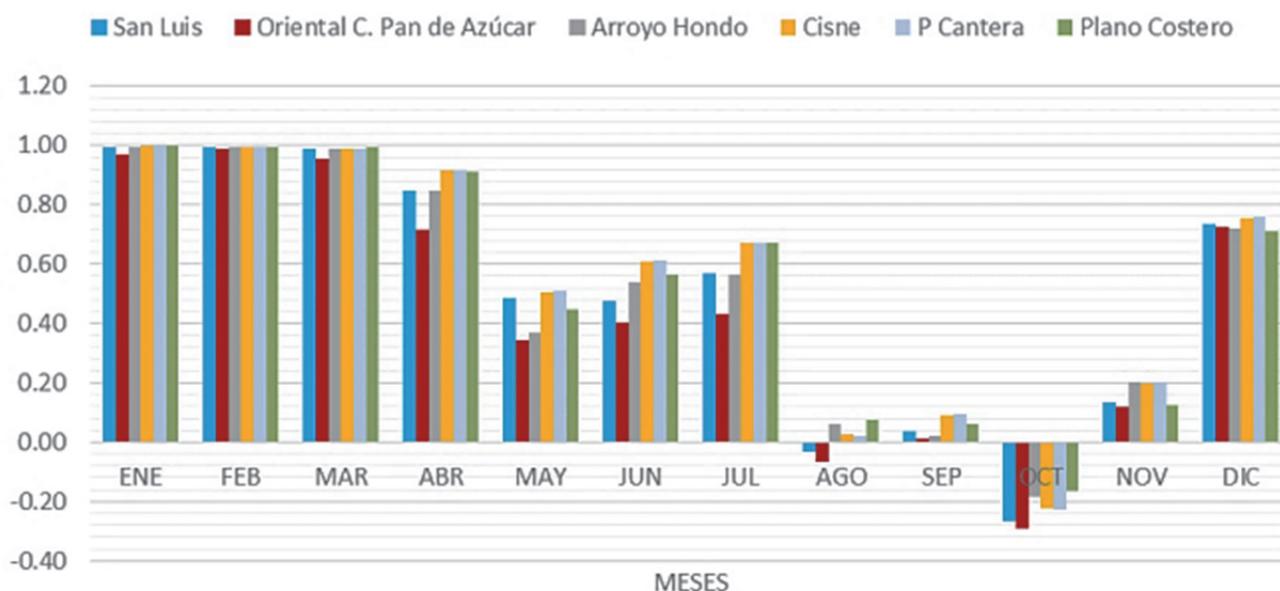


Figura 3-93. Índice de Aridez mensual, para las subcuencas de Mallorquín

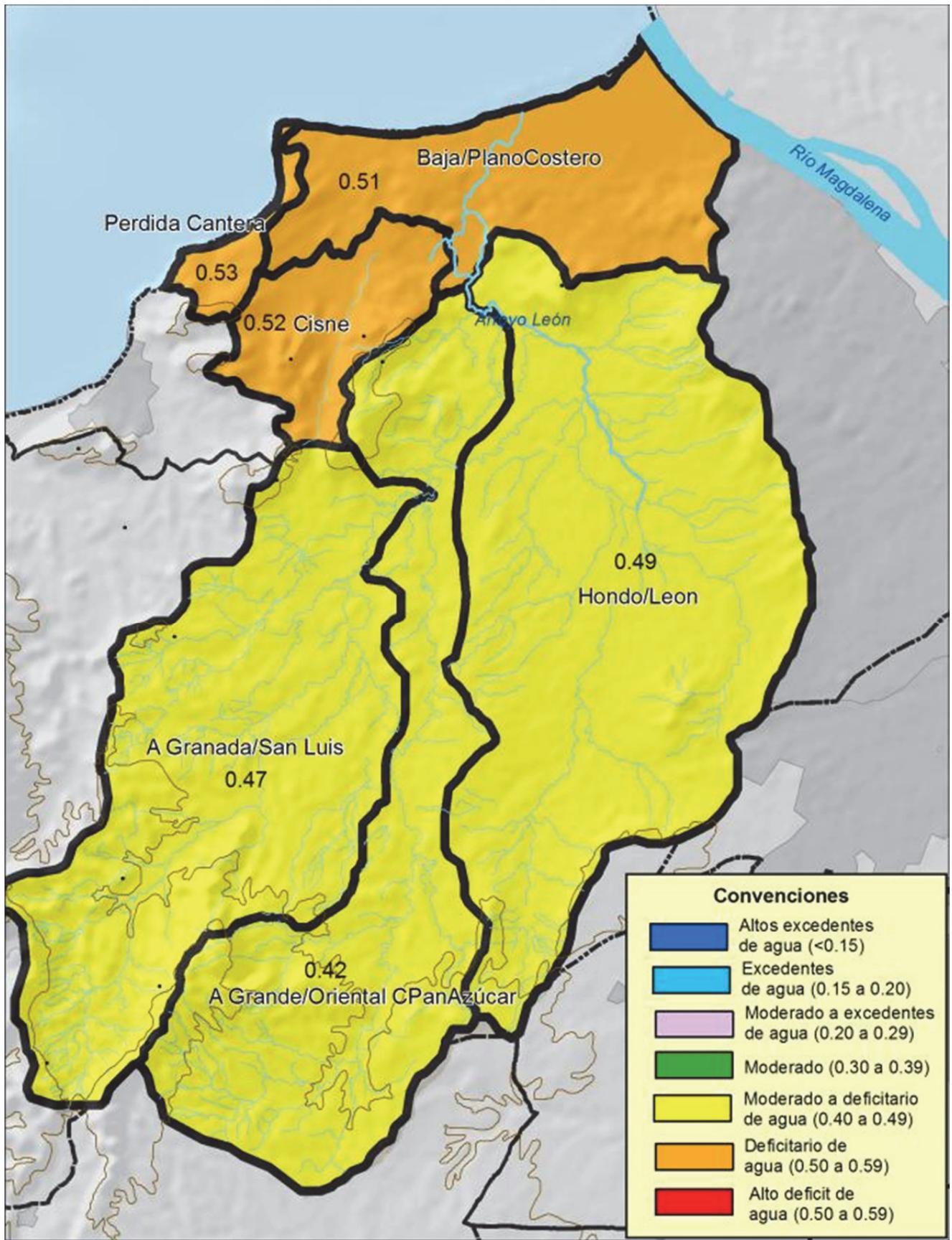


Figura 3-94. Mapa índice de aridez

- Índice de uso del agua (IUA)

Por medio de éste índice se relaciona la cantidad de agua utilizada por los diferentes sectores en un periodo de tiempo y espacio determinados con la oferta hídrica superficial disponible para las mismas unidades de tiempo y espacio.

$$IUA = \left(\frac{Dh}{Oh}\right) X 100$$

Dónde:

IUA: Índice de uso del agua.
 Dh: Demanda hídrica sectorial.
 Oh: Oferta hídrica superficial.

A su vez, la demanda hídrica sectorial y la oferta hídrica superficial se determinan así:

$$Dh = Ch + Csp + Csm + Ccss + Cea + Ce + Ca + Aenc$$

Donde:

Dh: Demanda hídrica.
 Ch: Consumo humano.
 Csp: Consumo sector agrícola.
 Csm: Consumo sector industrial.
 Ccss: Consumo sector servicios.
 Ce: Consumo sector energía.
 Ca: Consumo sector acuícola.
 Aenc: Agua extraída no consumida.

$$Oh = Oh_{Total} - O_{Qamb}$$

Oh_{total}: Volumen total de agua Superficial

O_{Qamb}: Volumen de agua correspondiente al caudal ambiental

Para su representación se emplea una escala de colores como se indica en la Tabla 3-45

Tabla 3-45. Clasificación IUA. Rango de colores.

RANGO	CATRGORÍA	SIGNIFICADO
>50	Muy Alto	La presión de la demanda es muy alta con respecto a la oferta disponible
20,01 - 50	Alto	La presión de la demanda es alta con respecto a la oferta disponible
10,01 - 20	Moderado	La presión de la demanda es moderada con respecto a la oferta disponible
1 - 10	Bajo	La presión de la demanda es baja con respecto a la oferta disponible
≤ 1	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible

Rango=(dh/oh)*100. Fuente: ENA (2010)

El índice se calcula únicamente para fuentes de agua superficial tales como ríos y quebradas. No incluye en la oferta la disponibilidad de aguas subterráneas o de cuerpos de agua tales como lagunas, ciénagas o lagos.

El cálculo del índice para algunas áreas está limitado por la disponibilidad de la información necesaria para su cálculo, por lo tanto se hacen aproximaciones con factores de consumo de zonas semejantes, lo cual dificulta la estimación de la demanda potencial de agua.

Tomando los resultado de oferta hídrica y demanda presentados en capítulos anteriores, y teniendo en cuenta la teoría expuesta anteriormente, se realizó el cálculo del uso de agua IUA para las subcuencas de Mallorcaín (Tabla 3-46 - Figura 3-95).

Tabla 3-46. Cálculo del índice de uso de agua (IUA) para las subcuencas de Mallorcaín

SUBCUENCA	OFERTA HIDRICA (m3/año)	DEMANDA HIDRICA (m3/año)	IUA
A Grande Oriental C Pan Azúcar	66,131,841	57,161,819	86.4
A Granada/San Luis	68,333,997	2,071,368	3.0
Hondo/León	86,862,728	5,495,514	6.3
Cisne	13,663,331	552,362	4.0
Baja/Plano Costero	30,023,403	2,401,407	8.0
Perdida Cantera	3,662,034	152,748	4.2

Del análisis de la oferta y demanda de agua en cada subcuenca se puede apreciar que a nivel anual, para todas las subcuencas la oferta de agua superficial supera ampliamente la demanda, solo en el caso de la subcuenca de Arroyo Grande/Oriental C. Pan Azúcar, se identifica una demanda cercana a la oferta. En general la disponibilidad del agua superficial en la cuenca de Mallorcaín se concentra durante eventos lluviosos de carácter instantáneo, dado el comportamiento efímero de las corrientes, la disponibilidad de agua no es homogénea en el tiempo y tampoco espacialmente. La escorrentía superficial finalmente vierte al mar Caribe, a través de la ciénaga de Mallorcaín.



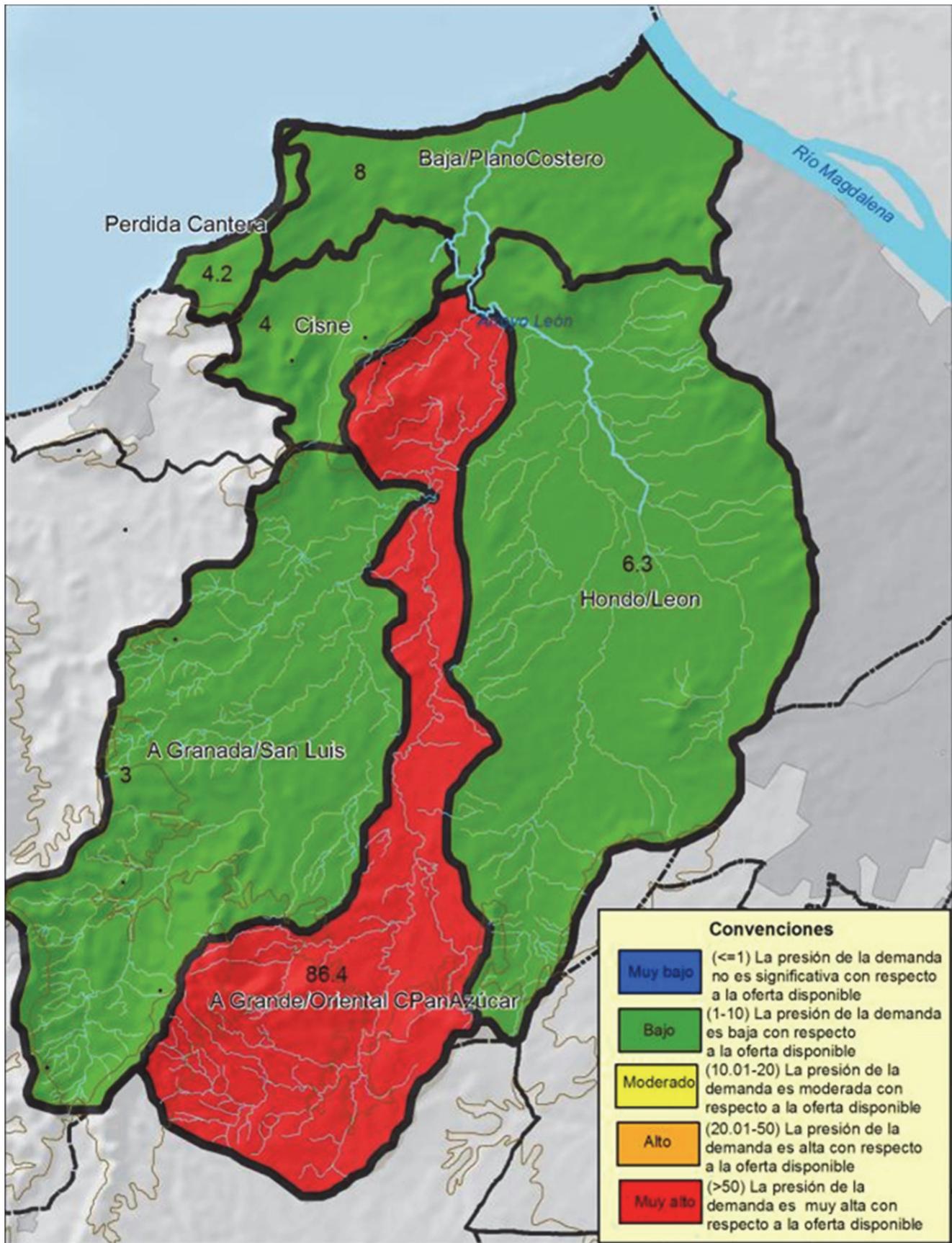


Figura 3-95. Mapa índice de uso de agua (IUA)

- *Índice de vulnerabilidad hídrica por desabastecimiento (IVH)*

Define el grado de fragilidad del sistema hídrico para mantener una oferta para el abastecimiento de agua, que ante amenazas podría generar los riesgos de desabastecimiento. Se determina a través de una matriz de relación de rangos del índice de regulación hídrica (IRH) y el índice de uso de agua (IUA).

$$IVH = \frac{IRH}{IUA}$$

Para su representación se emplea una escala de colores como se indica en la Tabla 3-47

Tabla 3-47 . Clasificación IVH. Rango de colores

ÍNDICE DE USO	ÍNDICE DE REGULACIÓN	CATEGORÍA VULNERABILIDAD
Muy bajo	Alto	Muy bajo
Muy bajo	Moderado	Bajo
Muy bajo	Bajo	Medio
Muy bajo	Muy bajo	Medio
Bajo	Alto	Bajo
Bajo	Moderado	Bajo
Bajo	Bajo	Medio
Bajo	Muy bajo	Medio
Medio	Alto	Medio
Medio	Moderado	Medio
Medio	Bajo	Alto
Medio	Muy bajo	Alto
Alto	Alto	Medio
Alto	Moderado	Alto
Alto	Bajo	Alto
Alto	Muy bajo	Muy Alto
Muy Alto	Alto	Medio
Muy Alto	Moderado	Alto
Muy Alto	Bajo	Alto
Muy Alto	Muy bajo	Muy Alto

Fuente: ENA 2010.

Al cruzar los índices de uso de agua con el índice de regulación hídrica se obtiene el índice de vulnerabilidad. La Tabla 3-48 y la Figura 3-96 presenta los índices asociados a cada una de las subcuencas de la ciénaga de Mallorcaín.

Tabla 3-48 . Cálculo del Índice de Vulnerabilidad Hídrica (IVH) para las subcuencas de Mallorcaín

SUBCUENCA	IUA	IRH 2015	IVH	IVH CATEGORÍA
A Grande/ Oriental C. Pan Azúcar	86.4	0.30	0.003	Muy alto
A Granada/ San Luis	3.0	0.21	0.069	Medio
Hondo/León	6.3	0.27	0.043	Medio
Cisne	4.0	0.15	0.037	Medio
Baja/ Plano Costero	8.0	0.19	0.024	Bajo
Perdida Cantera	4.2	0.03	0.007	Medio

De los resultados obtenidos los Indicadores calculados por la metodología propuesta por el IDEAM al realizar un análisis anual, se observa que predomina una vulnerabilidad media a baja, sin embargo se concluye que no existe disponibilidad de agua superficial para todo el periodo del año, excepto los días con lluvia pero lo más importante es que el agua superficial disponible no es posible aprovecharla para actividades productivas, debido que la capacidad de almacenamiento es casi nula. Por tanto es importante tener en cuenta que la aplicabilidad del método de indicadores utilizado, no tiene una representación adecuada del sistema para este tipo de corrientes (efímeras), dada la variabilidad temporal de las lluvias, del cual depende el comportamiento de la escorrentía superficial. Por tanto, un análisis de la disponibilidad de agua, debe realizarse involucrando otra serie de criterios, en especial las escalas de tiempo y los conceptos de las necesidades potenciales.



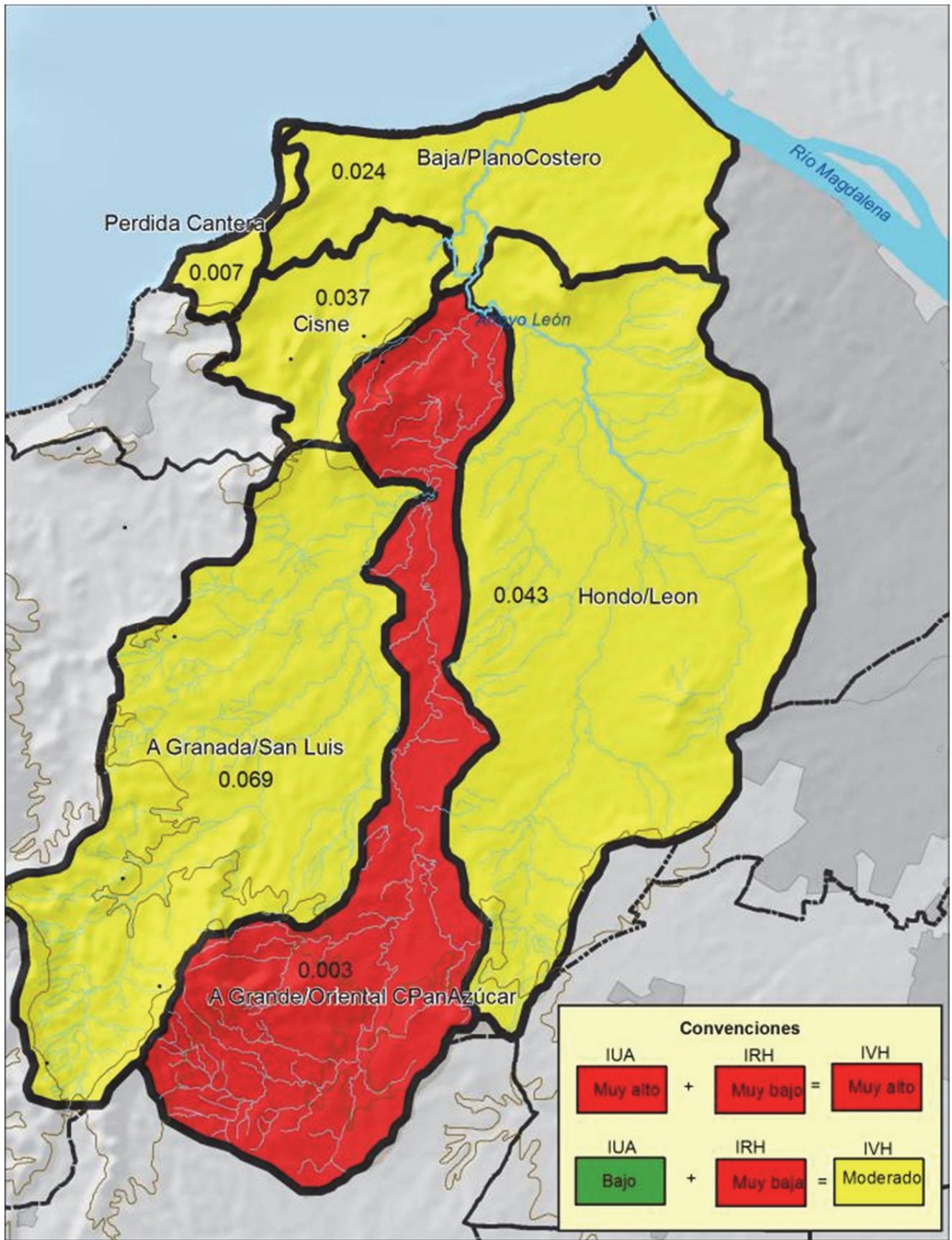


Figura 3-96. Mapa de Índice de Vulnerabilidad Hídrica (IVH)

- *Comentarios y observaciones sobre el concepto desabastecimiento del agua*

El agua dulce se considera como un recurso renovable y constante en volumen en el ciclo del agua, limitado pero no escaso a grandes escalas espaciales. Es cierto que el aumento demográfico, la contaminación y la mala gestión de este recurso han conducido a reducir la disponibilidad de agua útil; sin embargo, la razón de que existan personas que padecen escasez no se debe tan solo a su disponibilidad física sino también a su condición económica.

Por lo tanto, siguiendo este planteamiento, el propósito se enmarca en la elaboración de una metodología capaz de evaluar de forma dinámica en el tiempo la escasez de agua dulce en función de la oferta y la demanda, considerando las necesidades ambientales por el lado de la oferta y las de bienestar del ser humano por el lado de la demanda. El análisis de la escasez de agua dulce es, sin lugar a dudas, uno de los temas centrales de las agendas políticas mundiales. Todas estas circunstancias hacen de gran interés el estudio de esta problemática y su incierto futuro.

No se puede comenzar a analizar los factores conductores que caracterizan la escasez de agua dulce sin tener en cuenta qué se puede visualizar y analizar desde muchísimas perspectivas: este recurso es vida, economía, salud, desarrollo, tecnología, distribución, gestión, uso, conflicto, riqueza, belleza, seguridad y muchas cosas más.

Toda esta variedad en torno al concepto de escasez de agua complica extremadamente su estudio. Desde un principio se presentía que, al ser un tema transversal y multidisciplinario, los documentos de referencia se ubicarían en distintos ámbitos de estudio tales como factores, climáticos, geológicos, geomorfológicos, hidrológicos, hidráulicos, económicos, la agricultura, la gestión, el medio ambiente, la ingeniería, etc.

A escala Regional, se plantea el agua dulce como un bien no escaso en el sentido físico. Sin embargo, la disponibilidad de los recursos hídricos no es la misma en las diferentes cuencas y/o subcuencas, ni tampoco existe una relación entre la población y el acceso al agua dulce, así como tampoco entre el desarrollo humano y la extracción de agua. Además, en cada sistema existen disparidades de situaciones entre regiones, algunas de las cuales se encuentran en estados extremos de desarrollo.

De hecho, se pueden detectar grandes diferencias entre ciudades, pueblos y comunidades de una misma región. De todo ello se desprende que la escasez de agua dulce puede generar conflictos tanto entre comunidades y regiones como dentro de un mismo estado o región. En algunos lugares se identifica que el acceso a este recurso será una de las principales fuentes de conflicto en el mundo. De

hecho, ya desde hace mucho tiempo es motivo de disputa entre algunas naciones.

El objetivo de este análisis o comentario, no es buscar una metodología única, sino plantear las diferentes percepciones que se pueden desprender de este concepto y reflexionar sobre ellas.

Como se puede apreciar, la falta de agua puede ser **física**, económica o institucional y como el mismo líquido puede fluctuar en el tiempo y en el espacio, “la escasez de agua dulce se puede visualizar en última instancia, como una función de la oferta y la demanda. Sin embargo, ambos lados de la ecuación oferta-demanda están determinados por opciones políticas y por políticas públicas” (PNUD, 2006).

Si tan sólo es definida de forma física, la escasez de agua se asocia a la insuficiente disponibilidad de este recurso para satisfacer la demanda. Muchos hidrólogos suelen evaluar la escasez de agua en volumen disponible de agua dulce por habitante. El agua es un recurso muy complejo, puesto que es difícil de identificar y medir, al ser un recurso fugitivo que fluye, se evapora, se filtra y se condensa.

El agua no es un recurso estático como los suelos, sino que es cíclico, sufre importantes cambios en el tiempo y en el espacio así como variaciones de calidad. Todo ello en su conjunto es lo que la población y los ecosistemas valoran. A partir de los diferentes estados del agua se establecen las bases de la economía de mercado y los derechos de propiedad sobre ella (FAO, 1995).

La disponibilidad de agua dulce media anual es poco representativa y por lo tanto, no tiene ningún sentido medir su escasez de forma física.

Las instituciones son las responsables de regular y dar pautas para poder gestionar de forma compartida y equitativa las cuencas hídricas, sobre todo cuando se padece la falta de agua.

En consecuencia, a menudo parece ser obligatorio pensar en el agua en términos de suministro mediante la compra y venta como un producto básico y por lo tanto la población es reticente a pensar que el agua sea visualizada tan solo como otro bien económico. Por ejemplo, cuando un individuo o comunidad no tiene acceso seguro y asequible al agua para satisfacer necesidades como beber y lavar o para su bienestar, se dice que esta persona padece inseguridad de agua. Cuando un gran número de personas en una zona sufren esta inseguridad durante un periodo de tiempo considerable, entonces podemos afirmar que esta zona padece escasez de agua.

Sin embargo, para determinar que una zona padece escasez de agua depende, primero, de cómo quedan definidas las necesidades de la población y, segundo, si las necesidades ambientales referentes a los

ecosistemas son tomadas en cuenta en esta determinación. Teniendo en cuenta lo anterior, se podría valorar qué fracción del recurso puede o podría estar disponible para satisfacer las necesidades de la población, considerando los factores temporales y espaciales para acabar de definir el estado de la escasez (Rijsberman, 2006).

Para concluir, la escasez de agua dulce es un concepto mucho más complejo que simples indicadores, especialmente los físicos. Si se observa la escasez de agua de forma más analítica, se detectan problemas de medición y gran variedad de posibles interpretaciones, pero ello también servirá para construir capacidades que tengan en cuenta, además de los aspectos físicos, los sociales y económicos (Wolfe y Brooks 2003).

El anterior ejercicio y los análisis debidamente consignados por el grupo de expertos que lo generó considera que ante la no conveniencia de aplicar estos criterios directamente en el ejercicio de zonificación; más bien, la información generada por cada uno individualmente es utilizada de manera complementaria como instrumento de consulta, y en este caso, determina el tipo de manejo y de restricciones que un proyecto, obra o actividad tienen sobre un territorio con fundamento en los indicadores y por ello no la posibilita o imposibilita directamente sino que la condiciona pues esta función se atribuye a los criterios de restricción que operan de manera directa.

• *Criterios complementarios de utilidad en la toma de decisión para el manejo*

Aspectos referidos al riesgo indicativo, recurso hídrico, corredores biológicos, entre otros, al no ser tenidos en cuenta en la zonificación de manera directa, de todas formas resultan en elementos complementarios para el análisis en procesos de licenciamiento u otorgamiento de permisos por parte de la autoridad ambiental sobre la base del conocimiento de su territorio, los componentes de la oferta natural y sus interrelaciones para toma de decisiones sobre proyectos, obras o actividades que demanden intervención del territorio y recursos naturales.

El ejercicio propuesto en este documento permite con la información generada elaborar consultas directamente al sistema que fue diseñado y cargado convenientemente para proveer elementos que direccionen tanto la toma de decisión como las herramientas para actuar en procesos de manejo ambiental contrastando el tipo de actividad con el nivel de fragilidad ambiental del territorio planificado.

A continuación se describe un ejemplo en el cual se solicita un permiso de aprovechamiento de recursos naturales o trámite de licencia ambiental sobre la zona de Uso Sostenible en la Cuenca Mallorcaín.

A partir de la información espacial o área de influencia del proyecto entregada por el solicitante, se procede a sobreponer sobre la Base de datos geográfica – GDB de la zonificación a escala 1:25.000.



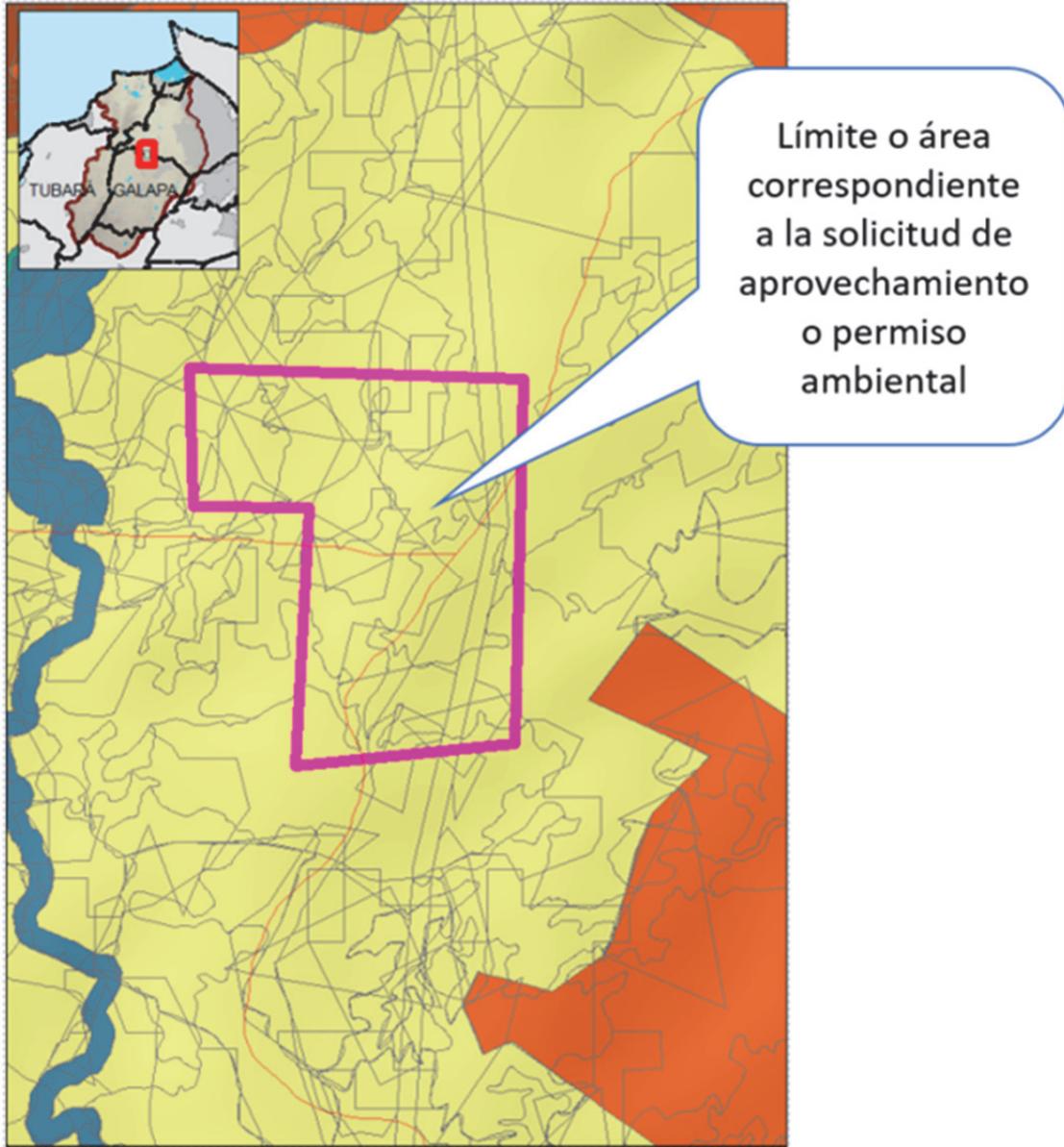


Figura 3-97. Ejemplo de área solicitada para aprovechamiento de recursos o licencia ambiental

Posteriormente, el operario de la GDB identifica la existencia de zonas de precaución dentro de la base

de datos de la zonificación como se indica en la Figura 3-98.

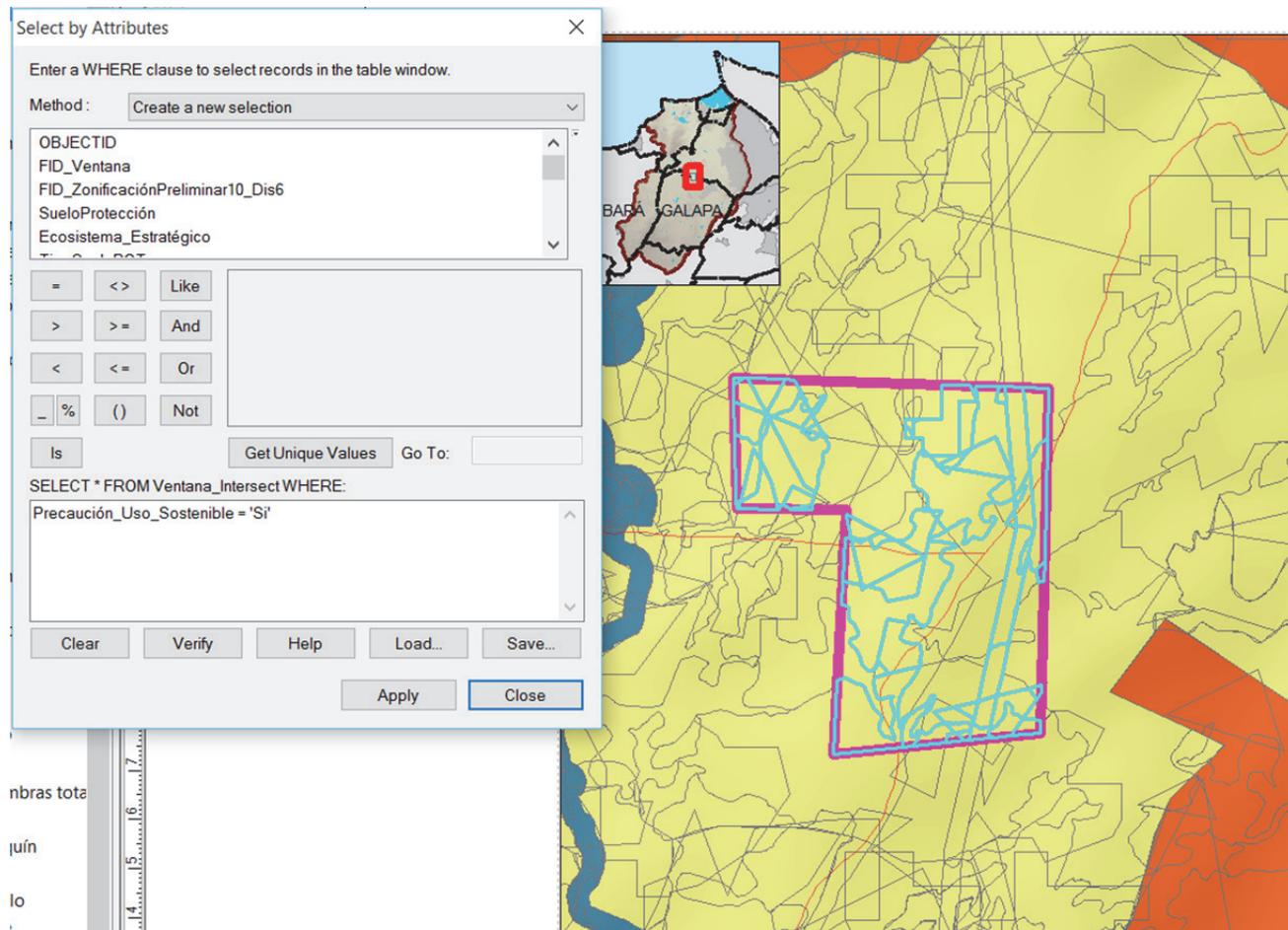


Figura 3-98 Ilustración de la consulta en la GDB.

En el caso de ser afirmativa como en el ejemplo, se deberá proceder a realizar la verificación en la base de datos de la cartografía los factores que pueden estar “encendiendo la alarma”.

Las variables verificables dentro de la base de datos son: Zona de recarga, Corredor biológico, Amenazas y Riesgos de; Inundación, Remoción en masa, Erosión, Incendios, Sismicidad, y los índices hidrológicos de Aridez, Regulación hídrica, Uso de Agua y Vulnerabilidad por desabastecimiento.

Como síntesis de la revisión de la base de datos, se halló que en el área solicitada existen las consideraciones expuestas en la Tabla 3-49:

Tabla 3-49. Precauciones de consideración en el área solicitada

Variable	¿Es de consideración en el área a solicitada?
Zona de recarga	No hay
Corredor biológico	No hay
Remoción en masa	Riesgo medio y alto
Inundación	Amenaza Media y alta, y Riego medio

Variable	¿Es de consideración en el área a solicitada?
Erosión	Amenaza alto
Incendios	Amenaza alto
Sismicidad	Susceptibilidad moderadamente baja
Aridez	Moderado a deficitario
Regulación hídrica	Muy bajo
Uso de agua	Moderado
Vulnerabilidad por desabastecimiento	Muy alto

En atención a esta información, la autoridad ambiental efectúa de manera complementaria a su concepto una visita a campo para verificar las condiciones establecidas desde el sistema y acota de manera más precisa en condiciones reales del terreno que le puedan brindar una mayor perspectiva de la situación a fin de emitir una solicitud de estudios previos más ceñidos con las posibles afectaciones y manejos y/o compensaciones dado el caso, haciendo énfasis sobre las variables inicialmente consideradas en la tabla anterior, como también, por lo anotado en campo.

3.2.4.2. Categorías

La propuesta engloba en este abordaje tres categorías diferentes de zonificación que tipifican el tipo de uso y dentro de aquellas una subdivisión en zonas de manejo que acotan la intensidad de uso y el alcance dependiendo de ciertas particularidades derivadas del análisis resultantes de las diferentes combinaciones posibles entre cada capa de trabajo.

3.2.4.2.1. Zonas de Preservación – Conservación (ZPC)

A nivel nacional se enmarcan las áreas que por considerarse técnica y socialmente parte de la estructura ecológica principal, se destinan o se recomiendan como objeto de especial protección ambiental. Dentro de esta categoría a nivel general, se incluyen las áreas establecidas por la legislación, tales como las del sistema nacional de áreas protegidas, las áreas de reserva forestal, las áreas de manejo especial, las áreas de especial importancia ecosistémica: páramos y subpáramos, nacimientos de agua, zonas de recarga de acuíferos, rondas hidráulicas de los cuerpos de agua, humedales, pantanos, lagos, lagunas, ciénagas, manglares y reservas de flora y fauna (Adaptado: Colombia, Presidencia de la República. MAVDT. Decreto 3600 de 2007. Art. 4° en MAVDT, 2011).

Son espacios cuya vocación natural constituyen el potencial estratégico de biodiversidad, el cual reside en mantener los servicios ecosistémicos que prestan en términos de provisión, regulación, soporte y culturales en el marco de la cuenca hidrográfica (). Abarca también ecosistemas o coberturas de especial significancia ambiental para la región y que resultan definitivos por aspectos como representatividad, carácter relictual y en todo caso, soporte de la base natural.

A nivel de la cuenca, esta categoría está encaminada a garantizar permanentemente la oferta de los bienes y servicios ambientales y la biodiversidad. El uso estará restringido y dirigido indefectiblemente a lograr objetivos claros de **PRESERVACION Y/O CONSERVACIÓN**. En en razón de ello, la totalidad de los proyectos, obras o actividades deberán demostrar que con su concepción, efectivamente se promueven logros que permitan asegurar, como mínimo el mantenimiento de la estructura actual pero se privilegiarán aquellas que demuestren el mejoramiento de las coberturas o la funcionalidad del sistema en el tiempo.

La categoría abarca en este caso dos zonas:

☛ Zonas priorizadas para la preservación ZPC-PP

Definida por espacios en el marco de Portafolio de Áreas Priorizadas para Conservación De la CRA y áreas relictuales de Sistemas Estratégicos, así como la presencia demostrada de especie(s) endémica(s)

del orden local-regional o en peligro crítico de extinción y áreas de probado valor étnico o cultural. El propósito final de estas áreas es el de concretar una categoría legal de protección en lo posible. En la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín, dichas áreas corresponden a los manglares (en su totalidad) relictos de Bosque Denso bajo de tierra firme del zónobioma seco tropical (Bosque seco) sobre cotas superiores a 70 msnm, cordón litoral estratégico para control de erosión.

☛ Zonas Priorizadas para la conservación ZPC-PC

Engloba todos aquellos sistemas que coadyuven a concretar una continuidad en el entramado que garantice flujos energéticos y de materia; Involucra: Ecosistemas Estratégicos (E.E.), corredores biológicos, red hídrica con su rondas, áreas de alta capacidad de recarga de acuíferos, Áreas de Protección de POT's no incluidas en ZPC-PP. Incluye: Lagunas costeras, rondas hídricas (corrientes principales y suelos de protección de planes y esquemas de ordenamiento territorial.

3.2.4.2.2. Zonas de restauración (ZR)

Estas son áreas degradadas, dañadas, transformadas o totalmente destruidas como resultado directo o indirecto de las actividades humanas o intensificadas por causas naturales, como incendios, inundaciones, tormentas o erupciones volcánicas, que funcionalmente hacen parte de las áreas de aptitud ambiental para conservación y que a través de la aplicación de técnicas de mejoramiento pueden restablecer su salud, integridad y sostenibilidad o áreas en las que se pueden restablecer las condiciones naturales que permitan el aprovechamiento sostenible de los recursos de la zona para la producción de las actividades humanas.

Se divide en tres zonas dependiendo de la vocación de uso del suelo y sus características antecedentes:

☛ Zonas de restauración con aptitud para conservación (ZR-RSC)

Zonas con procesos degradativos probados que pueden haber comprometido más del 50 % de su cobertura original o con presencia de un tensor muy importante, ubicados áreas de alta significancia ambiental que en el pasado hayan correspondido a unidades ambientales estratégicas tipo bosques densos, manglares, áreas relictuales, humedales, cabeceras de acueductos. En dichas áreas debe privilegiarse actividades o acciones encaminadas a la restauración ambiental³. Para el caso de Mallorquín, son aquellas áreas que presentan conflicto de uso por usos diferentes al de conservación.

³ Proceso indicado para lograr un estado del sistema igual o similar en función y composición al presentado antes de la perturbación.

☛ *Zonas de recuperación- rehabilitación con aptitud ambiental de conservación*

Zonas con procesos degradativos probados, ubicadas en áreas de poca vocación productiva y con presencia de un tensor de alta a media influencia que puedan cumplir funciones ambientales mediante el emprendimiento de acciones encaminadas a la *recuperación ambiental*⁴ o hacia la *Rehabilitación*⁵. Corresponde a aquellas áreas que han sido sometidas a usos intensos y por lo tanto debe ser modificado su uso reduciendo la presión. Refiere a áreas de alguna significancia ambiental que en el pasado hayan correspondido a unidades ambientales tipo bosques, zonas de altas pendientes con procesos erosivos evidentes.

☛ *Zonas de recuperación con aptitud ambiental de Uso Múltiple*

Áreas con vocación productiva (Clases de suelo III, IV y VI), que además tienen como característica principal que el uso actual (actividades productivas actuales) presentan algún grado de conflicto con el recomendado, por sobre – utilización especialmente. Para la cuenca se destacan aquellas áreas de pastoreo en zonas con algún grado de erosión y pendientes fuertes que demandan reforestación enfocada a actividades agrosilvopastoriles.

3.2.4.2.3. Zonas de Uso Múltiple (ZUM)

Estas áreas corresponden a aquellas zonas tanto continentales como costeras, cuyo uso actual resulta aceptable para continuar desarrollando las actividades económicas que representan la estructura productiva de la cuenca y la red de asentamientos urbanos y suburbano que demandan la incorporación progresiva en el tiempo de criterios de sostenibilidad ambiental, de manera tal que la presión que ejercen sobre los Recursos Naturales Renovables (demanda), no sobrepase su capacidad de uso y disponibilidad (oferta), dando orientaciones técnicas para la administración y manejo responsable y sostenible de los recursos suelos, agua y biodiversidad que definen el desarrollo de estas actividades productivas. En esta categoría se puede definir las siguientes zonas de manejo ambiental.

☛ *Zonas de desarrollo sostenible de media a alta intensidad de uso (ZUM-DSa)*

Corresponden a aquellas áreas de comprobada vocación productiva en materia de clase de suelos y **que no** estén ubicadas, ni en zonas estratégicas (preservación o conservación, o corredor biológico, o en conflicto por biodiversidad o suelos 6pe-1⁶ o amenazas alta o muy alto) que además exhiban

coberturas desde altamente intervenidas a poco intervenidas para adelantar actividades productivas de alta intensidad con lineamientos claros de uso sostenible.

☛ *Zonas de desarrollo sostenible de baja intensidad de uso (ZUM-DSb)*

Corresponden a aquellas áreas de alguna vocación productiva en materia de clase de suelos y que pueden o no ubicarse en zonas estratégicas (preservación o conservación) y que además exhiban coberturas desde altamente intervenidas a medianamente intervenidas (rastros, arbustales bajos, pastos) para adelantar actividades productivas de baja intensidad debido a factores especialmente referidos a garantizar la conectividad hidrológica y ecosistémica y por lo tanto corresponderá a aquellas porciones necesarias de territorio para unir fragmentos o núcleos ecosistémicos de flujos continuos de energía y garantía de procesos ecológicos y evolutivos. Se privilegia el uso de alternativas productivas de alta compatibilidad con el medio ambiente y por lo tanto actividades como de alta presión como minería, agroindustria, urbanismo de alta y media densidad no serían compatibles.

☛ *Zonas urbanas (ZUM-U)*

Perímetros urbanos actuales debidamente delimitados y cuantificados.

☛ *Zonas de expansión urbana (ZUM-EU)*

Establecida para aquellas áreas que están definidas en los POT's actuales, nuevos o en ajuste, tales que después de un proceso de eventual análisis técnico consensuado, pueden derivar en áreas susceptibles de intervenir con fines de ampliación del perímetro urbano municipal – distrital para usos propios de esa categoría (urbanización, malla vial, servicios públicos, comercial, etc.)

3.2.4.3. Construcción del modelo

El proceso metodológico para establecer los tipos de categorías y zonas de la Zonificación está conformada por ocho pasos en los que se identifican las variables que componen a cada zona. El proceso inicia por definir las zonas de Preservación y Conservación a fin de garantizar su aseguramiento basado en que estas constituyen los pilares de la estructura ecológica que da soporte a partir de servicios ecosistémicos de la Cuenca y al desarrollo humano en el territorio.

Posteriormente se definieron las zonas de Suelo y Expansión urbana y suburbana establecidas previamente por cada municipio dentro de su Plan o Esquema de ordenamiento Territorial. Paso siguiente, se identificaron las zonas de Restauración y Recuperación o Rehabilitación que complementarían las estructuras de conservación y preservación hacia el futuro próximo por su importancia ecosistémica.

⁴ Proceso indicado para lograr un estado funcional del sistema en torno a prestación de servicios.

⁵ Proceso establecido para modificar el uso productivo por otro compensatorio.

⁶ Suelos con erosión y pendientes fuertes.

micas, como también de Recuperación con aptitud de uso múltiple para aquellas áreas que se encuentran sobre -utilizadas o con conflictos de uso del suelo, sobre las cuales debe ser generado un cambio en el uso del suelo que armonice las actividades productivas con las capacidades agrológicas y vocativas del suelo.

Por último, se establecieron las zonas de Uso sostenible, comprendidas por el territorio que no fue incluido en las anteriores zonas, y sobre los cuales pueden desarrollarse usos del suelo acordes con sus características y limitaciones ambientales como de amenazas y riesgos indicativo presente. Dentro de esta última zona, se establece una franja sobre el tajamar del río Magdalena a manera de zona de manejo especial a fin de garantizar la vocación portuaria y de interés público sobre este sector (Figura 3-99).

3.2.4.3.1. Zonas priorizadas para la preservación

Se encuentran constituidas por 298 hectáreas de cobertura de Mangle que bordean a la ciénaga de Mayorquín-Manatíes-Sabanilla, priorizadas para la preservación principalmente por los servicios ecosistémicos de salacuna de especies marinas que pueden representar parte de la seguridad alimentaria de los pescadores de la zona. La otra cobertura que conforma esta zona son 417 hectáreas Bosque seco Tropical o Bosque denso bajo en cotas superiores a los 90 msnm, por ser un ecosistema altamente priorizado para su preservación en la región Caribe por su alto grado de transformación, su belleza paisajística y por ser importante refugio de Fauna silvestre (Figura 3-100).

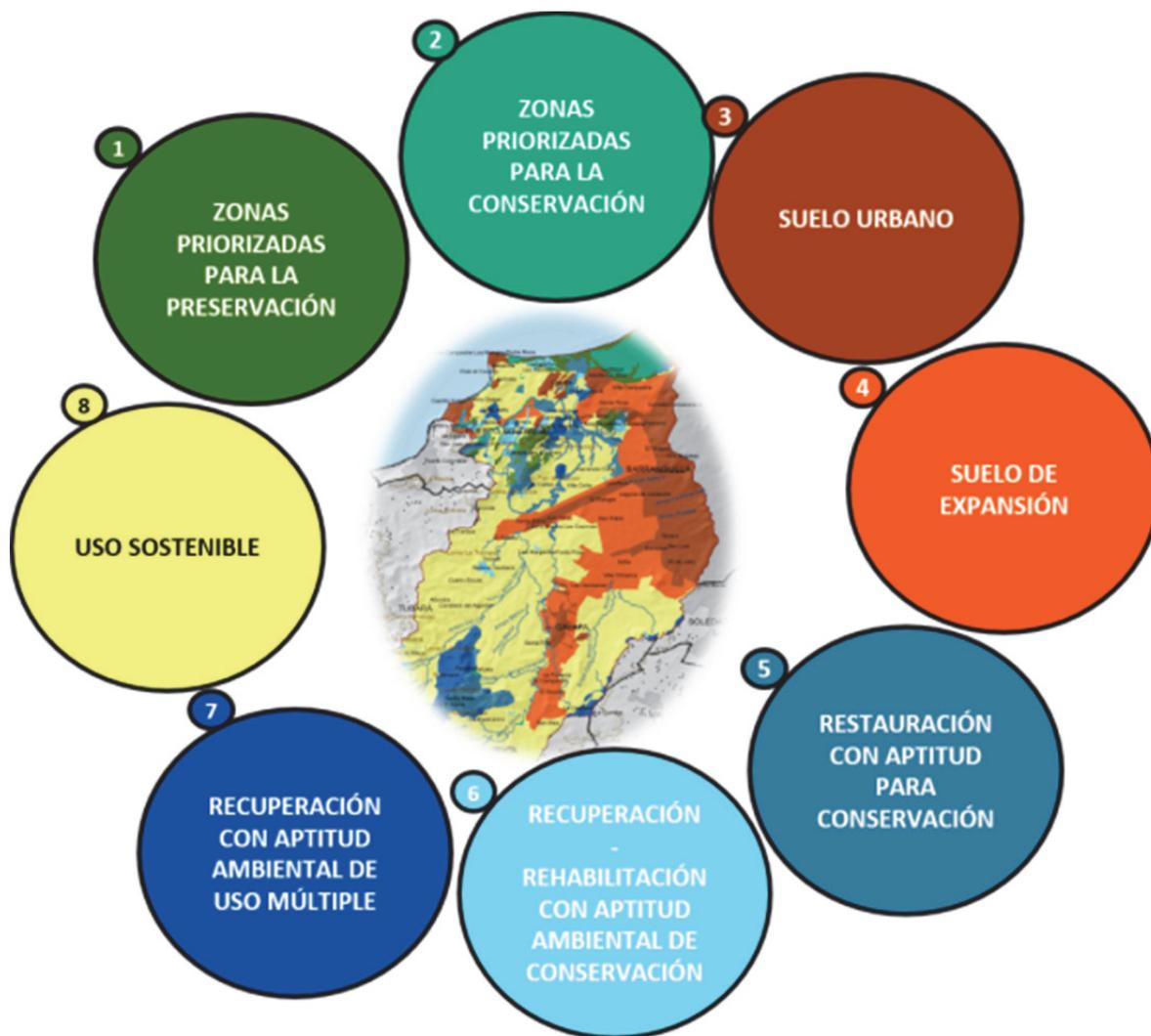


Figura 3-99. Pasos para la construcción de la Zonificación

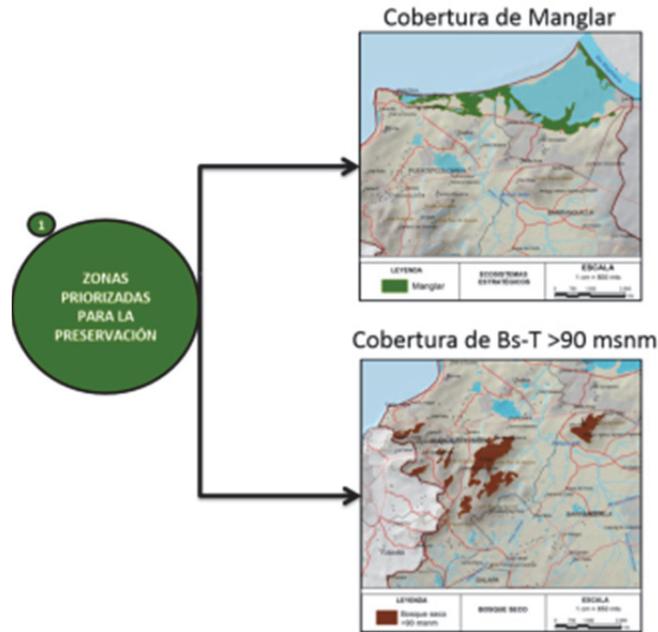


Figura 3-100. Coberturas que conforman las zonas priorizadas para la conservación.

3.2.4.3.2. Zonas priorizadas para la conservación

Esta igualmente conformado por ecosistemas estratégicos o protegidos que a diferencia de los priorizados, permite un uso sostenible como la pesca, ecoturismo o vertimientos de agua. Los ecosistemas son: Las Lagunas costeras o ciénagas continentales de Mayorquín, Manatíes, Matunilla, Cisnes y Cajaral que conforman 901 hectáreas; Las Playas o Dunas con 35 hectáreas distribuidas en la barra de Mallorquín, Frente a Sabanilla y Puerto Salgar, y la ciénaga de Manatíes; Las rondas de 50 metros de

cada lado del: Arroyo San Luis, Arroyo Mateo, Arroyo Chiquito, Arroyo Peronillo, Arroyo Simón, Arroyo Blanco, Arroyo Mono, Arroyo Caña, Arroyo Grande y Arroyo León que juntas sumas cerca de 1,045 hectáreas, y las 2,736 hectáreas de los Suelos protegidos en los Planes o Esquemas de Ordenamiento Territorial de los municipios que conforman la Cuenca. Para estos últimos, cuando los suelos de protección concuerdan con las Zonas priorizadas para la Preservación (Paso 1), permanecieron como de preservación (Figura 3-101).

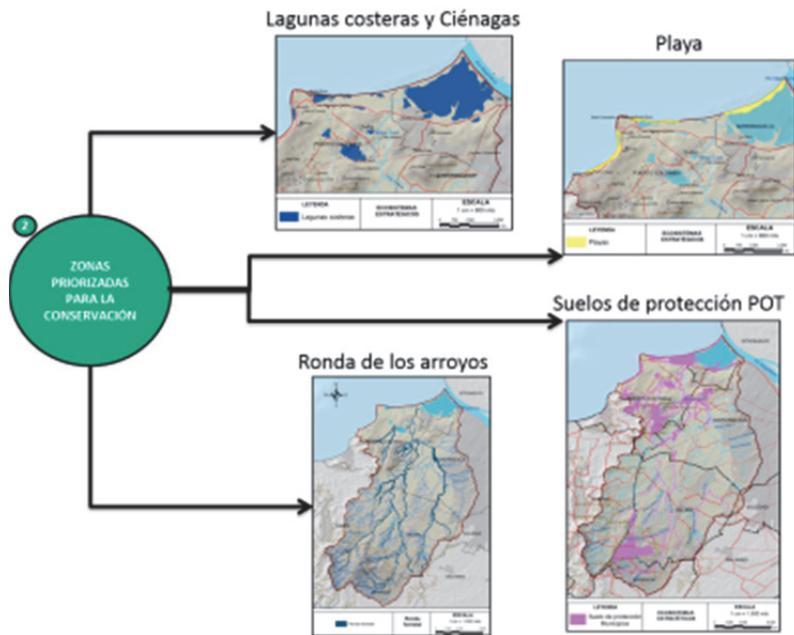


Figura 3-101 Áreas que conforman las Zonas priorizadas para la conservación.

3.2.4.3.3. Zona de Suelo Urbano

Los Suelos Urbanos se incorporaron de acuerdo a los límites establecidos en cada uno de los Planes

de Ordenamiento y Esquemas Territoriales vigentes (Figura 3-102).



Figura 3-102 Suelo urbano

3.2.4.3.4. Zona de Expansión Urbana y Suburbana

Los suelos de expansión Urbana y Suburbana fueron incorporados de acuerdo a los límites de los

Planes de Ordenamiento y Esquemas Territoriales vigentes (Figura 3-103).

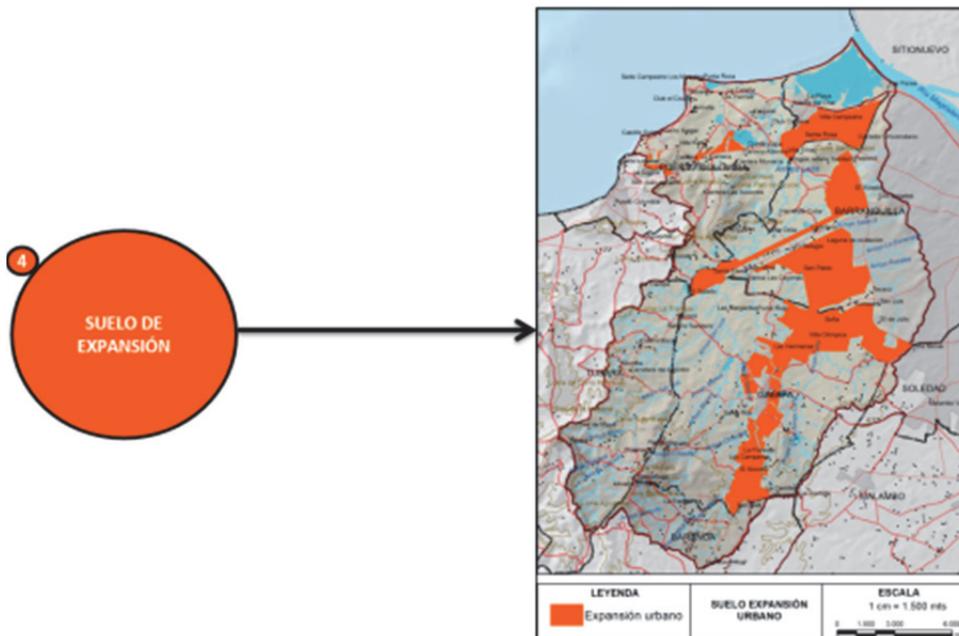


Figura 3-103 Suelo de expansión urbana

3.2.4.3.5. Zona de restauración con aptitud para la conservación

Está conformado por las áreas del Paso (Zonas priorizadas para la conservación), específicamente en los suelos de protección de los POT y EOT y Rondas hídricas o forestales que se encuentran sobre suelos degradados o antropizados; pueden estar indicados por coberturas como vegetación secundaria, pastos, suelos desnudos, mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales entre otros. Tienen esta vocación por la necesidad de recuperar funcionalmente áreas que por haber sido afectadas por intervención sin planificación, también por dar un uso productivo a aquellas áreas con vocación forestal por pendiente o tipo de suelo (Figura 3-104).

3.2.4.3.6. Zona de Recuperación y Rehabilitación con aptitud ambiental de conservación

Corresponde a áreas que no se encuentran en las anteriores zonas, e identificadas como zonas de alta

intervención del suelo como minería sin licencia ambiental, rellenos sanitarios, lagunas de oxidación, las cuales tienen una vida útil limitada, razón por la que al finalizar sus operaciones, se debe promover un proceso de *Recuperación o Rehabilitación* con fines de conservación e re-incorporación a la dinámica natural de la zona (Figura 3-105).

3.2.4.3.7. Zonas de recuperación con aptitud ambiental de uso múltiple

Está conformado principalmente por clases agrológicas IV y VI que no se encuentran en las categorías anteriores y tienen conflicto de uso (Sobreutilización) por prácticas inadecuadas de acuerdo a la capacidad agrológica del suelo. Estas zonas se encuentran principalmente en altas pendientes y mayores alturas de la cuenca como el Cerro de Santa Rosa (La Rosita), donde conviene realizar reconversiones agropecuarias hacia un uso adecuado a la vocación del suelo y recarga de agua de los principales arroyos. (Figura 3-106).

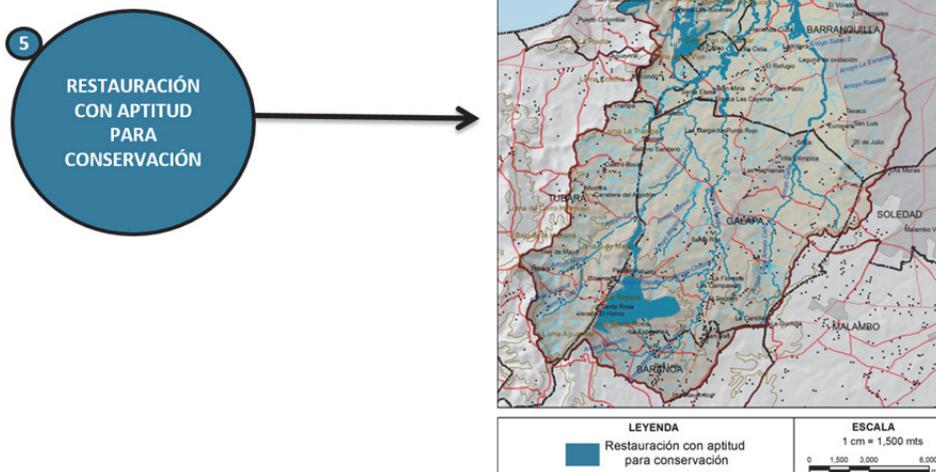


Figura 3-104 Zonas de Restauración con aptitud para Conservación

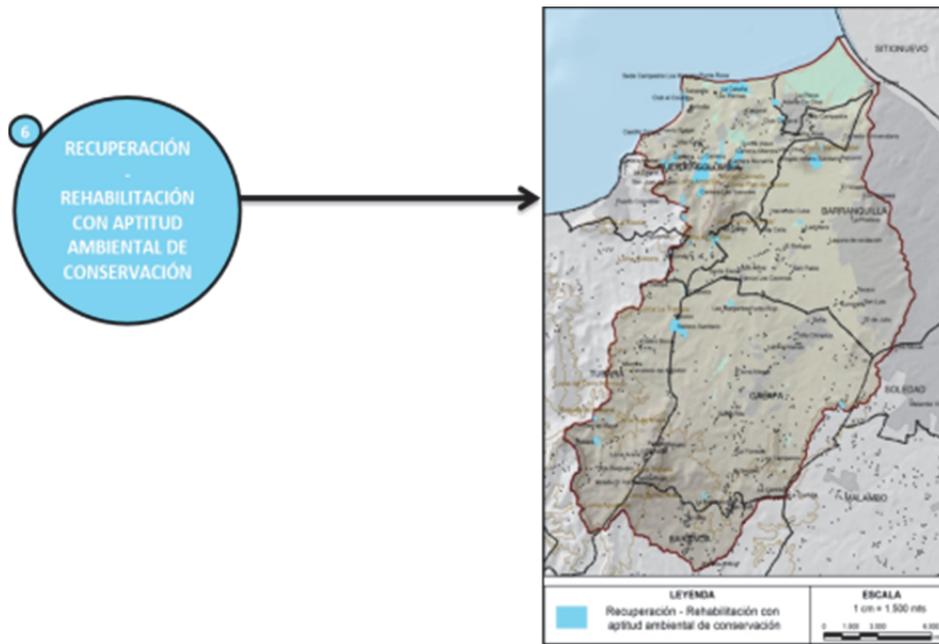


Figura 3-105. Zona de Recuperación y Rehabilitación con aptitud ambiental de conservación

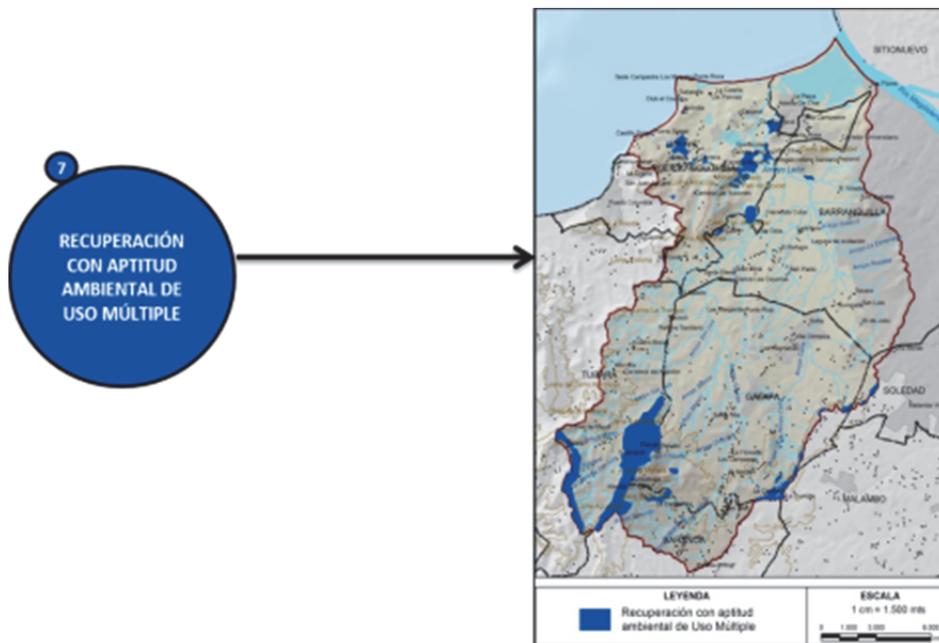


Figura 3-106. Zonas de recuperación con aptitud ambiental de uso múltiple.

3.2.4.3.8. Zona de uso sostenible

Estas áreas corresponden a aquellas zonas que no se encuentran en las anteriores Zonas mencionadas y cuyo uso actual o futuro podría resultar aceptable para continuar desarrollando las actividades económicas que representan la estructura productiva de la cuenca y la red de asentamientos urbanos y suburbano que demandan la incorporación progresiva en el tiempo de criterios de sostenibilidad ambiental, de manera tal que la presión que ejercen sobre los Recursos Naturales Renovables (demanda), no sobrepase su capacidad de uso y disponibilidad (oferta), dando orientaciones técnicas para la administración y manejo responsable y sostenible

de los recursos suelos, agua, riesgos y biodiversidad que definen el desarrollo de estas actividades productivas. En esta zona se incorpora la zona portuaria sobre el tajamar del río Magdalena que parte desde el sector las flores hasta hacia la desembocadura del río con un ancho de 300 metros a partir de la ribera del río; y las áreas para minería que cuentan con licencia ambiental (Figura 3-107).

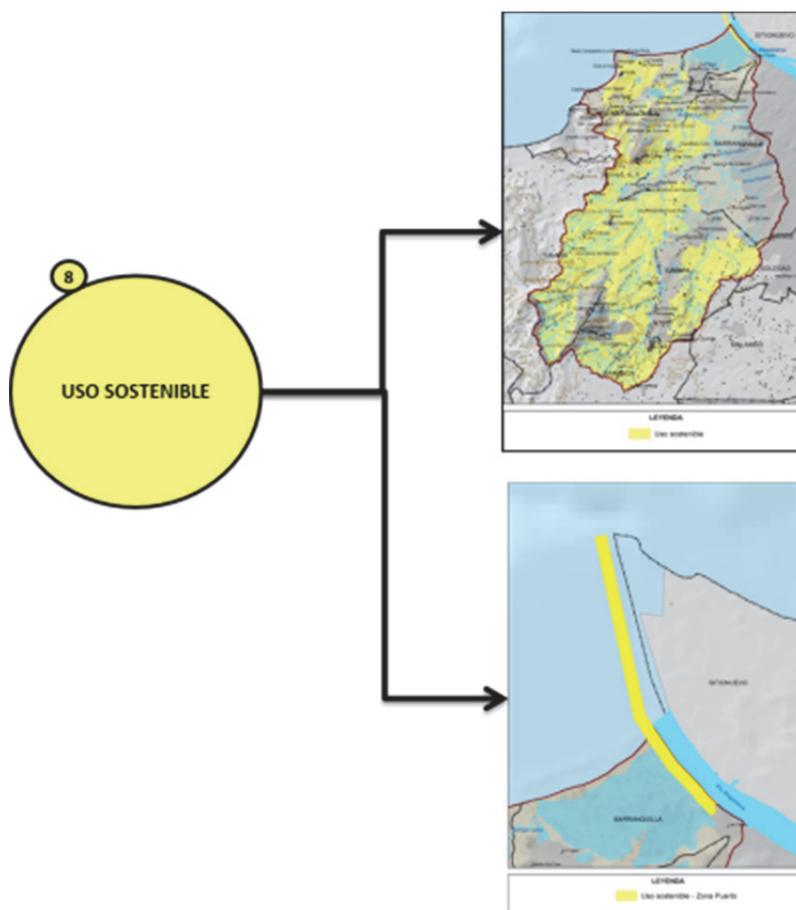


Figura 3-107. Zona de uso sostenible

3.2.4.4. Socialización y retroalimentación

La construcción de la propuesta contó con insumos provenientes de diversos sectores del orden institucional y gremial a manera de retro-alimentación en la que mediante reuniones – taller se expusieron los fundamentos de la propuesta, los conceptos, el diseño de la misma y los resultados preliminares. En tal sentido, el ejercicio documentado en “Informe Mesas de Trabajo” y “Memoria Audio Visual Socialización”, efectuado con entes territoriales (los

5 municipios y la Gobernación), el AMB, el Damab, Incoder, IGAC, Invemar, Cormagdalena y la representación de los gremios entregó a los representantes convocados mapas con coberturas, zonificación, imágenes de satélite que permitieron a cada actor entender las connotaciones de la propuesta y sugerir de acuerdo a su carácter misional (si es institución) o su razón social (si es privado) las consideraciones del caso para ser internalizadas en la medida de lo posible en el ejercicio.

En el ejercicio, se pretendía disponer sobre los mapas aspectos relacionados con:

- *Proyectos o actividades actuales para ser proyectadas sobre las diferentes zonas y evaluar su compatibilidad*
- *Proyectos futuros para realización en los próximos 10 años*
- *Consideraciones sobre la inconveniencia de la designación de la categoría de zonificación por motivos de su accionar o carácter misio-*

nal (en caso de ser institución) y la compatibilidad (si el objeto era privado).

El ejercicio dejó como resultado la inclusión de algunas situaciones que por las características de las actividades fueron facilitadas directamente y otras, en las que se advertía sobre la imposibilidad de concretar dada la importancia ambiental estratégica de las áreas que eran sujetas a evaluación.



Figura 3-108 - Mesa de Trabajo 18 de marzo del 2015 (2:00 pm – 5:00 pm). Explicación de la metodología desarrollada



Figura 3-109 - Mesa de Trabajo 15 de abril del 2015 (8:00 am – 12:00 pm). Explicación de la metodología desarrollada



Figura 3-110 - Mesa de Trabajo 18 de marzo del 2015 (2:00 pm – 5:00 pm). Observaciones plasmadas por los asistentes sobre la zonificación



Figura 3-111 - Mesa de Trabajo 15 de abril del 2015 (2:00 pm – 5:00 pm). Observaciones plasmadas por los asistentes sobre la zonificación



Figura 3-112 - Mesa de Trabajo 15 de abril del 2015 (8:00 am – 12:00 pm). Observaciones plasmadas por los asistentes sobre la zonificación

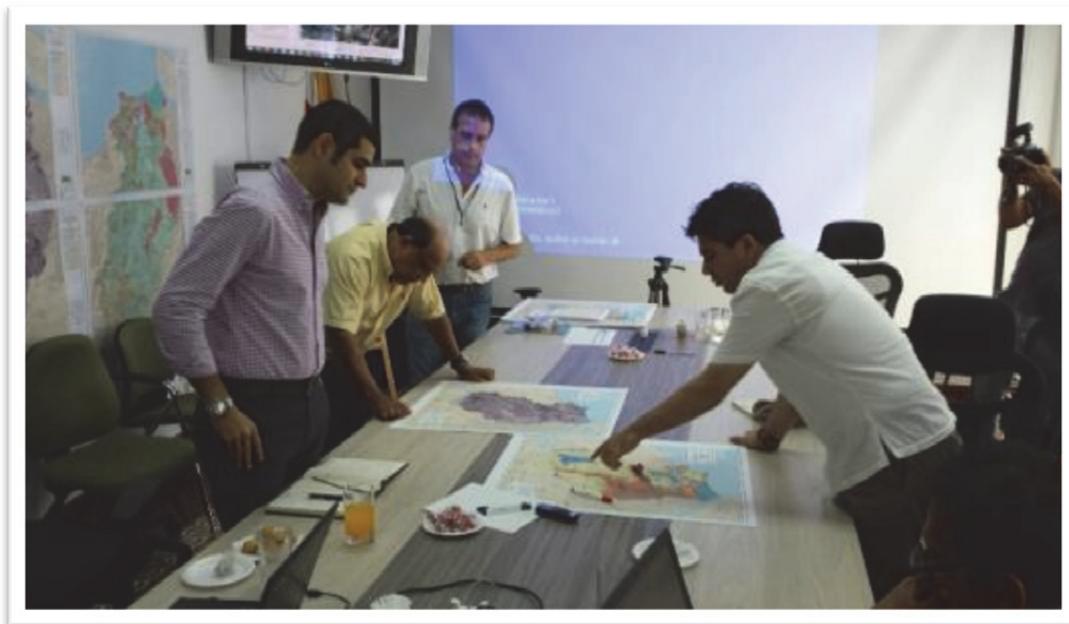


Figura 3-113 - Mesa de Trabajo 19 de marzo del 2015 (8:00 am – 12:00 pm). Observaciones plasmadas por los asistentes sobre la zonificación

Con lo anterior la propuesta de zonificación final propuesta es como se dispone en la Figura 3-114.

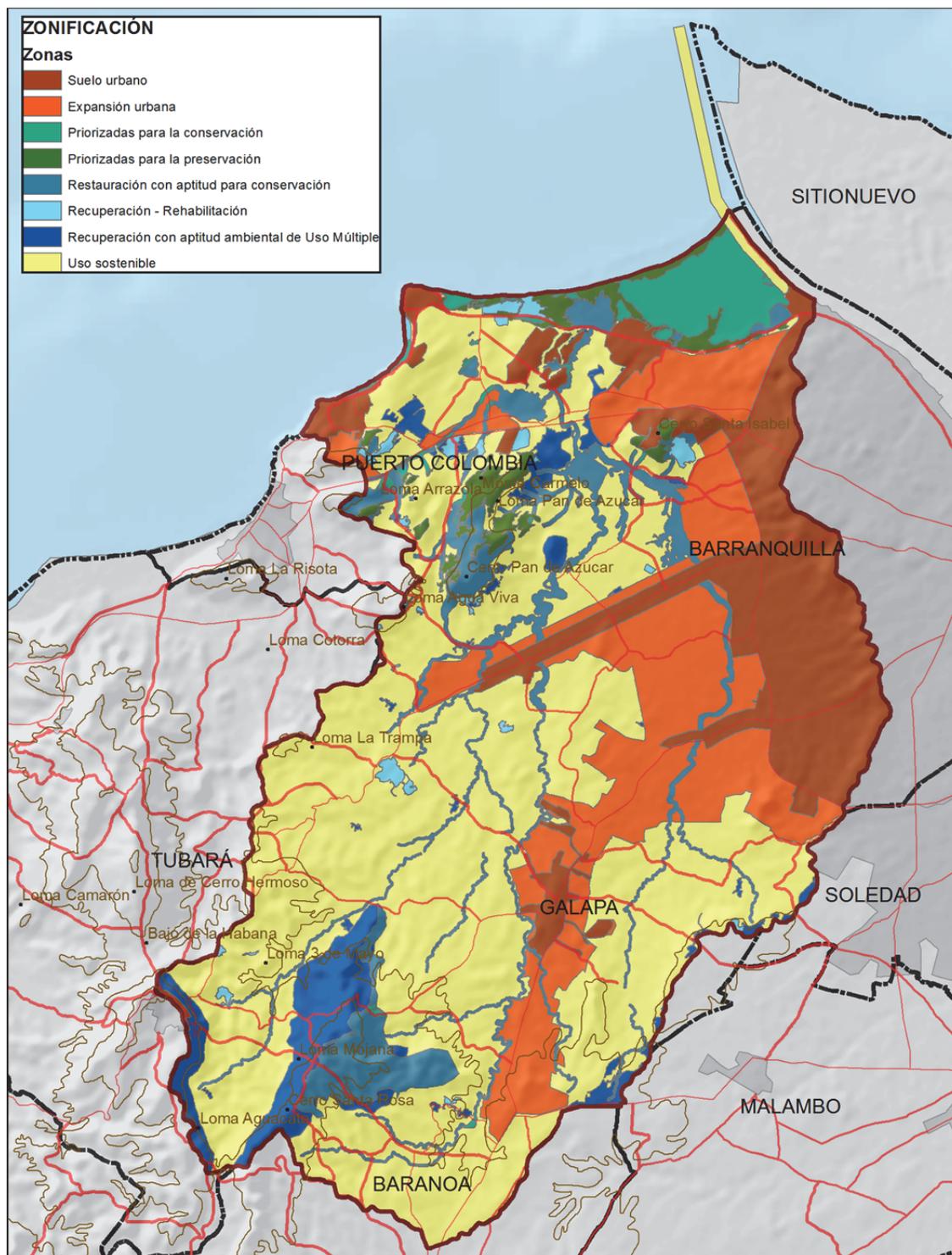


Figura 3-114. Propuesta de ajuste a la zonificación ambiental de la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León (2015).

Tabla 3-50. Zonificación ambiental propuesta 2015

ZONIFICACIÓN	%
Priorizadas para la preservación	2.2%
Priorizadas para la conservación	3.0%
Suelo urbano	14.2%
Expansión urbana	16.3%
Restauración con aptitud para conservación	8.1%
Recuperación - Rehabilitación con aptitud ambiental de conservación	1.0%
Recuperación con aptitud ambiental de Uso Múltiple	4.9%
Uso sostenible	50.4%

De la propuesta se desprenden las siguientes reflexiones:

- *Tan solo el 5.3% del territorio ostenta una condición de conservación - Preservación que junto con el 8.1% de las áreas designadas para la Restauración con aptitud para conservación y el 1.3% de las áreas destinadas para Recuperación - Rehabilitación con aptitud ambiental de conservación, ajustarian un 14.7%, el cual es esencial y dramáticamente bajo para garantizar la sostenibilidad en el mediano y largo plazo del territorio. En éste al menos debería contarse con un 20% de su extensión con un nivel de restricción alto que provea de recursos al 54.9 % del territorio que actualmente estaría siendo destinado*

para usos productivos, pero fundamentalmente porque la cuenca se caracteriza por tener una gran proporción de área destinada a la actividad urbana (16,2%), dado que en ella se ubica la mayor parte del Área Metropolitana de Barranquilla sobre la que los procesos de conurbación y desarrollo industrial y turístico son evidentes en crecimiento acelerado, sin que haya compatibilidad con los mecanismos de soporte (base natural) por la implementación de un modelo de desarrollo muy agresivo, extractivista y por consiguiente inconveniente en alto grado.

3.2.5. Análisis de los ajustes

3.2.5.1. Diferencias con modelo 2007

Para establecer la discrepancia entre el modelo trabajado en el año 2007 y la actual propuesta, se diseñó una matriz de conflictividad (Tabla 3-51) en la que cada categoría de cada modelo se enfrenta con el resto, la cual es estimada comparando los diferentes niveles de restricción que permite y estableciendo en una escala cualitativa de 5 clases que va desde lo menos conflictivo (compatible) hasta lo más (Muy alta).

Tabla 3-51. Matriz de conflictividad entre las propuestas de zonificación de 2007 y 2015

Z2015 / Z2007	ZONA DE ECO-SISTEMA ESTRATÉGICO	ZONA DE RECUPERACIÓN AMBIENTAL	ZONA DE USO MÚLTIPLE RESTRINGIDO	ZONA DE REHABILITACIÓN PRODUCTIVA	ZONA DE PRODUCCIÓN	ZONA DE INFRAESTRUCTURA DE SOPORTE AL DESARROLLO	ZONA DE INFRAESTRUCTURA PORTUARIA
Zona de preservación	Compatible	Muy baja	Alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta
Zona de conservación	Compatible	Muy baja	Media	Alta	Alta	Alta	Alta
Recuperación -Rehabilitación con aptitud ambiental de conservación	Muy baja	Compatible	Media	Alta	Alta	Alta	Alta
Recuperación con aptitud ambiental de uso múltiple	Muy alta	Media	Muy baja	Compatible	Baja	Baja	Baja
Restauración con aptitud para conservación	Muy baja	Compatible	Media	Alta	Alta	Alta	Alta
Uso sostenible	Muy alta	Alta	Media	Muy baja	Compatible	Compatible	Compatible
Suelo urbano	Muy alta	Muy alta	Media	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible
Suelo de expansión	Muy alta	Muy alta	Media	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible

Del anterior ejercicio se asignaron valores en una herramienta SIG que estableciera el traslape de las dos capas para generar el mapa de conflictividad de versiones de zonificación en la que se advierte un nivel de conflictividad relativamente bajo si se tiene en cuenta que el 65% del territorio analizado tiene esta entre compatible y baja conflictividad y el resto de moderada a baja. Solo el 13,9% presenta entre alta y muy alta conflictividad y estaría definiendo de alguna manera aspectos derivados del ajuste generado a partir de la propuesta actual propiamente y una proporción menor inherente a la diferencias metodológicas.

Tabla 3-52. Proporción de la conflictividad de versiones 2007-2015

CONFLICTIVIDAD	HECTÁREAS	PORCENTAJE
Muy alta	1693.72555	5.7%
Alta	2410.58148	8.2%
Media	6229.23026	21.1%
Baja	70.8912835	0.2%
Muy baja	9221.79958	31.2%
Compatible	9932.45183	33.6%

La compatibilidad más alta se derivó de los suelos de expansión y de restauración con fines productivos, en tanto que la mayor conflictividad se generó a partir de las áreas de mayor restricción (preservación - Figura 3-115).

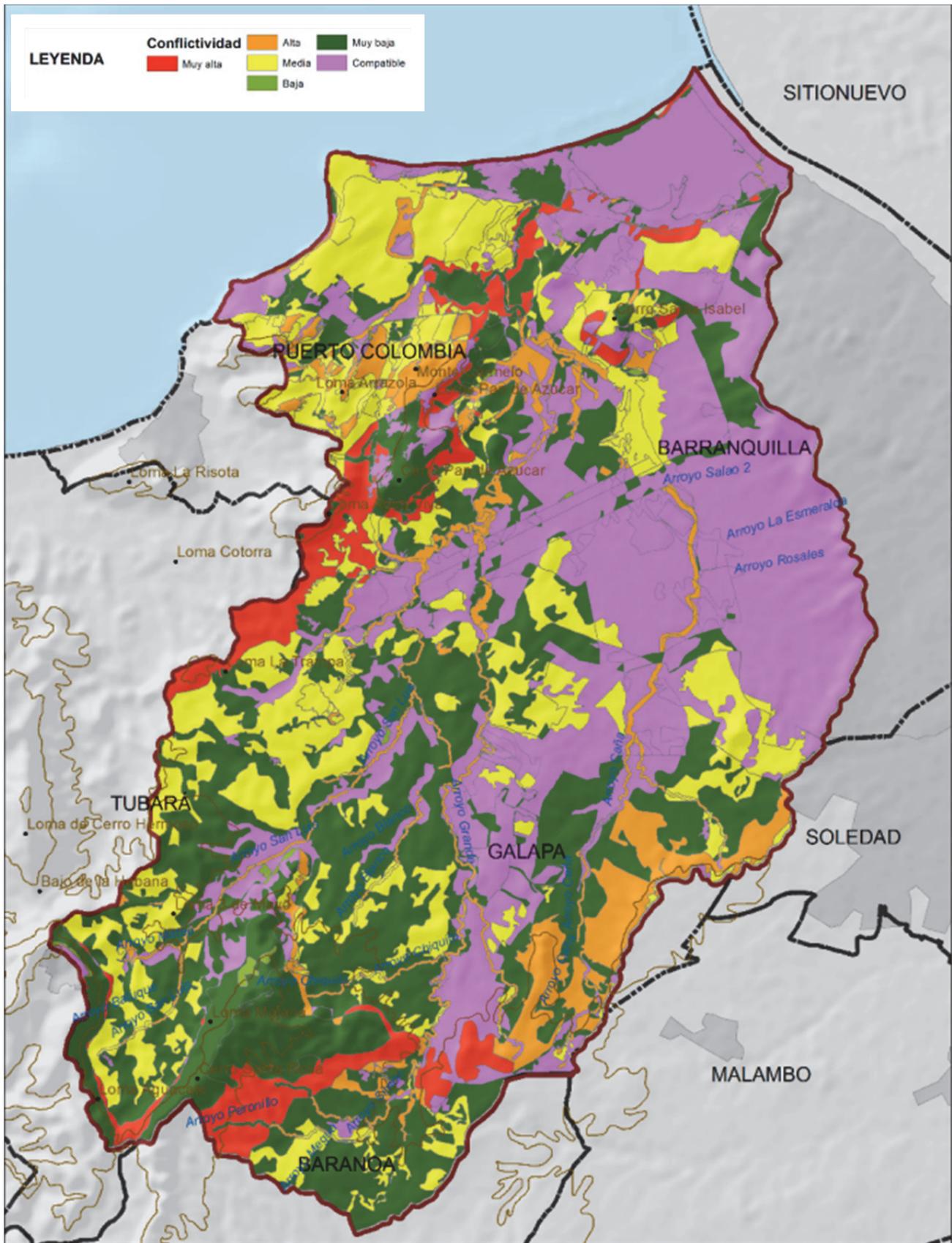


Figura 3-115. Conflictividad versiones zonificación 2007-2015

Lo anterior se reflejó entonces de manera sustantiva en las áreas de la Loma La Rosita en donde el estado de degradación generó dos condiciones más reales: una, la que motiva una re-categorización hacia la restauración, en el sentido que refleja el estado avanzado de deterioro y la necesidad de generar mecanismos inmediatos y efectivos que reviertan esa condición. De ello procede la definición de derroteros de conservación o preservación, especialmente por la importancia de la zona y los antecedentes en materia de coberturas y pendientes; y otro, enfocado esencialmente a entender la necesidad de los pobladores a ejercer actividades productivas que ya estaban asentadas en 2007 pero que por escala de trabajo fueron enmascaradas en coberturas boscosas o de otra índole.

En el caso del cerro de Pan de Azúcar (sector occidental de la cuenca), es evidente la reducción sustancial de cobertura boscosa, respecto de la encontrada para 2007 a expensas de expansión de actividades pecuarias que, a juzgar por las coberturas de pastos limpios y pastos enmalezados dominando la zona actualmente y que se mezcla por sectores, con bosque fragmentado y vegetación secundaria baja, atenúa el nivel de importancia respecto del ejercicio anterior. Lo expresado denota un avance sustancial de la intervención que amerita acciones rápidas y efectivas en procura de restaurar lo estratégico degradado y conservar lo importante funcional.

El otro núcleo de cambio destacado se da en la zona del Caujaral respecto del ejercicio, el cual por un lado obedece a la expansión de la frontera urbana pero también al hecho de que aquellas áreas que en la versión anterior fueron consignadas como zonas de uso múltiple restringido, en la versión actual no necesariamente pierden esa condición pues a pesar de figurar como áreas de uso sostenible, gran parte de ellas requerirían pasar el filtro de los criterios complementarios (num 3.2.4.3) que son moderada a altamente restrictivos, dada la importancia en materia de corredores biológicos, amenaza por inundación y necesidad de conectividad hidrológica que presenta la zona cuando de permisionar una actividad o proyecto se trate.

En menor proporción pero no por ello menos importantes, existen áreas de conflicto respecto de la versión anterior (2007) en la parte urbana de Barranquilla, alrededor de sectores del cerro de Santa Isabel y la zona de confluencia de la carretera Las Flores a la vía circunvalar, sobre las que la presión urbanística - en ambos casos - ha deteriorado las coberturas remanentes naturales (manglar y bosque seco) modificando su nivel de importancia estratégica.



La zonificación deriva en la generación de una propuesta de régimen de uso que parte de lo expuesto en la Tabla 3-53.

Tabla 3-53. Régimen de usos del suelo con base en la propuesta de zonificación

Categoría	Zona	Código	CATEGORÍAS DE USO			
			Uso Principal	Uso complementario o compatible	Uso Condicionado o restringido	Uso Prohibido
Conservación	Zonas priorizadas para la preservación ZPC-PP	ZPC-PP	Preservación	Investigación	Educación, Contemplación, Ecoturismo	Urbano, Minería, Agrícola, Industrial, Portuario, Turismo
	Zonas Priorizadas para la conservación	ZPC-PC	Conservación	Investigación, Ecoturismo, Educación, Contemplación	Silvicultural	Urbano, Minería, Agrícola, Industrial
Restauración	Zonas de restauración con aptitud para conservación (ZR-RSC)	ZR-RSC	Restauración Ambiental	Conservación, Reforestación, Investigación, Conservación, Silvicultural	Urbano baja densidad	Urbano, Minería, Agrícola, Industrial, Portuario
	Zonas de recuperación-rehabilitación con aptitud ambiental de conservación	ZR-RSAC	Recuperación-Rehabilitación Ambiental	Reforestación, Investigación, Educación, Conservación, Silvicultural	Portuario, Turístico	Urbano, Minería, Agrícola, Industrial, Portuario
	Zonas de recuperación con aptitud ambiental de Uso Múltiple	ZR-RSAU	Rehabilitación productiva	Silvopastoril, Agroforestal, Agrícola, Pecuario, Industrial, Educación, Agroindustrial, Portuario, Turístico	Urbano	Minería
Zonas de Uso Múltiple (ZUM)	Zonas de desarrollo sostenible de media a alta intensidad de uso	ZUM-Dsa	Agrícola, Pecuario, Turístico	Portuario, Industrial, Agroindustrial	Urbano Minería	
	Zonas de desarrollo sostenible de baja intensidad de uso	ZUM-DSb	Agrícola, Pecuario, Silvicultural, Silvopastoril, Agroforestal	Urbano baja densidad,	Industrial, Turístico, portuario, Minería	Urbano para VIS
	Zonas urbanas.	ZUM-U	Urbano	Industrial, Comercial, Turístico	Minería,	Agrícola, Pecuario,
	Zonas de expansión urbana	ZUM-EU	Expansión	Industrial, Comercial, Turístico	Silvicultural, Agroforestal	Agrícola, Pecuario,
	Zonas suburbanas	ZUM-SU	Sub-Urbano, Turístico	Agrícola, pecuario	Industrial, Minería	Minería

(1) Restauración Ambiental: Proceso indicado para lograr un estado del sistema igual o similar en función y composición al presentado antes de la perturbación

(2) Recuperación Ambiental: Proceso indicado para lograr un estado funcional del sistema en torno a prestación de servicios

(3) Rehabilitación: Proceso establecido para modificar el uso productivo por otro compensatorio

3.2.5.2. Conflictividad con POT's

Dado que el ejercicio de zonificación ambiental persigue fundamentalmente la protección de la estructura ecológica principal del área objeto de planificación, tanto como compatibilizar aspectos referidos al desarrollo, se encuentra conveniente alertar sobre algunas incompatibilidades encontradas especialmente sobre las áreas de expansión urbana. Lo anterior, en procura de coadyuvar en los procesos de ajuste actual o de acotar con mayor precisión puntos relacionados con el régimen de uso, dado que habría que tomar decisiones sobre revertir procesos o, en todo caso, reglamentar usos urbanos muy claramente de forma tal que a pesar de la eventual incompatibilidad por la categoría de uso, puedan ser hechas recomendaciones para que ciertas áreas sean utilizadas de acuerdo a la vocación. Esto significa que por ejemplo, áreas con fragilidad demostrada en este apartado, sean designadas como áreas de exclusión en proyectos urbanísticos y sea considerada su dinámica y funcionalidad en el diseño general del proyecto para que se evite la pérdida algunos servicios ecosistémicos derivados de una “infraestructura ecológica”.

A pesar de que el modelo de zonificación establece capas directas como criterio de zonificación y en este caso, las zonas de expansión urbana al haber sido aprobadas o estar en proceso de aprobación, difícilmente tendrían opción de revertirse, se sugiere tenerse en cuenta al momento de establecer el manejo de los proyectos o incluso de permitirlos.

En este aspecto este ejercicio por ser de planificación ambiental establece incongruencias o incompatibilidades con la vocación de uso del suelo en 3 categorías diferentes que se consignan en la Tabla 3-53.

Tabla 3-54. Áreas en conflicto con la designación de Zona de expansión Urbana.

COMENTARIOS	ECOSISTEMA ESTRATÉGICO	EXTENSIÓN (ha)
Ecosistema estratégico por tener tamaños poco representativos y sin alta conectividad se prioriza el Suelo urbano	Bosque seco	1.9
	Laguna costera	6.9
	Manglar	8.0
Total Ecosistema estratégico por tener tamaños poco representativos y sin alta conectividad se prioriza el Suelo urbano		16.9
Ronda forestal en suelo de expansión urbana, se identifica como zona de restauración a fin de mantener conectividad ecosistémica		162.9
Total general		179.8

Por esta razón a nivel distrital y municipal se debe garantizar la conectividad ecosistémica sobre los puntos ubicados en la Figura 3-116, toda vez que la designación de suelo urbano puede sugerir intervenciones que den cuenta de interrupciones de drenajes superficiales y ecosistemas estratégicos en los que la planificación debe privilegiar los flujos de materia y energía e incorporarlos como infraestructura ecológica



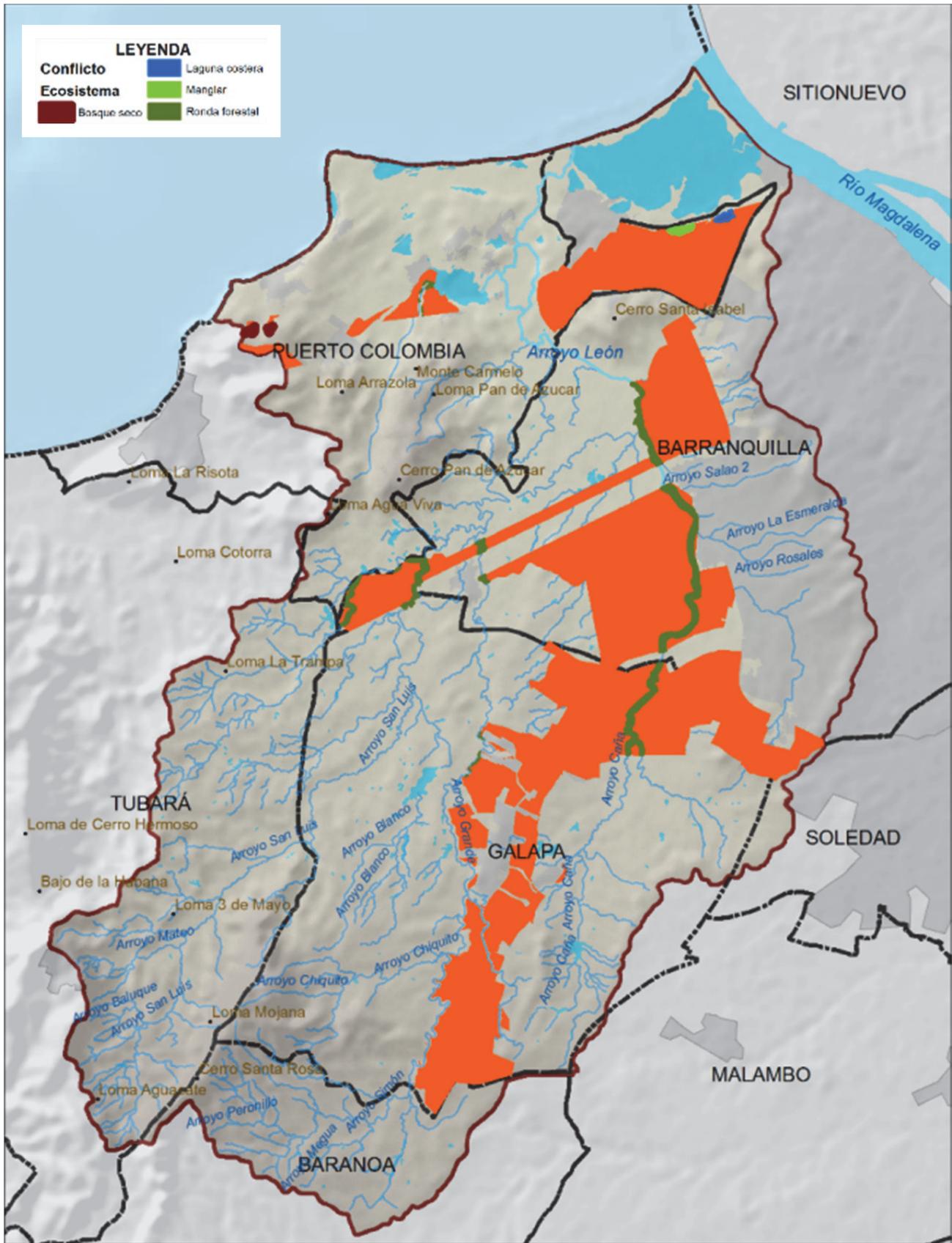


Figura 3-116. Conflictividad con expansión urbana



4. BIBLIOGRAFÍA

4. BIBLIOGRAFIA

- Alcaldía de Barranquilla, 2012. Plan de desarrollo 2012 - 2015: "Barranquilla florece para todos".
- Alcaldía de Puerto Colombia, 2012. Plan de desarrollo 2012 - 2015: "Unidos por el cambio y la prosperidad".
- Alcaldía de Galapa, 2012. Plan de desarrollo 2012 - 2015: "Construyendo futuro".
- Alcaldía de Baranoa, 2012. Plan de desarrollo 2012 - 2015: "Trabajemos juntos por Baranoa".
- Alcaldía de Tubará, 2012. Plan de desarrollo 2012 - 2015: "Por el bienestar de Tubará, compromiso de todos".
- Alcaldía de Barranquilla, 2014. Plan de ordenamiento territorial del Distrito Especial, Industrial y Portuario de Barranquilla 2012 - 2032.
- Banco Interamericano de Desarrollo, 2013. Análisis histórico del uso del suelo y futura huella urbana, Barranquilla.
- Alcaldía de Baranoa, 2008. Plan básico de ordenamiento territorial, 2008 - 2019.
- Alcaldía de Puerto Colombia, 2000. Plan básico de ordenamiento territorial 2000 - 2012.
- Alcaldía de Tubará, 2001. Esquema de Ordenamiento Territorial 2001 - 2010.
- Alcaldía de Galapa, s.f. Plan básico de ordenamiento territorial 2008 - 2019.
- Área Metropolitana de Barranquilla, 2013. Acuerdo Metropolitano N° 002 - 2013: "Plan estratégico de Ordenamiento Territorial Metropolitano". Barranquilla.
- Aura, S., y L. Pascual-Hortal. 2007. A new habitat availability index to integrate connectivity in landscape conservation planning: Comparison with existing indices and application to a case study. *Landscape and Urban Planning* 83:91-103.
- Bennett, A. F. 1999. Linkages in the landscape: The role of corridors and connectivity in wildlife conservation. IUCN, Gland Switzerland and Cambridge UK.
- Chow, Maidment, y Mays. Hidrología Aplicada. 1994. Editorial McGraw-Hill. 584 Págs.
- CONAM. Por el desarrollo sostenible. 1999. Estrategia para la implementación de la zonificación ecológica económica (ZEE) en el Perú.
- Corporación Autónoma Regional del Atlántico - CRA, s.f. Reporte de Canteras en el Departamento del Atlántico. Recuperado el 15 de Agosto de 2015, de www.crautonomia.gov.co/files/Reporte%20Canteras.xlsx.
- Corporación Autónoma Regional del Atlántico - CRA (2013). Estructuración y especialización de los índices de uso del agua - IUA.
- Dunning, J. B., Jr., R. Borgella, Jr., K. Clements, y G. K. Meffe. 1995. Patch Isolation, Corridor Effects, and Colonization by a Resident Sparrow in a Managed Pine Woodland. *Conservation Biology* 9:542-550.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (1995). Water sector policy review and strategy formulation. A general framework. World Bank UNDP. FAO Land and Water Bulletin 3. Rome
- Findeter, Ministerio de Hacienda & Microsoft, 2015. Diamante Caribe & Santanderes: Proyecto Ciudad - Territorio Barranquilla - Atlántico, Identificación y Caracterización de los Proyectos Estratégicos .
- IDEAM, 2010. Estudio Nacional del Agua (ENA).
- IDEAM, 2010. Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá, D. C., 72p.
- IDEAM (2011). Metodología para la elaboración del Mapa de ecosistemas escala 1:100.000. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Bogotá, D.C. 41p.
- INGEOMINAS, 2001. Memoria Explicativa de las Planchas 16 y 17: Galerazamba y Barranquilla a escala 1:100.000. 55 pp.
- Instituto de Estudios Ambientales y Meteorológicos (IDEAM); CRA. 2005. Ordenamiento Ambiental De La Zona Costera Del Departamento Del Atlántico. Barranquilla.
- Ley 388 de 1997. Por la cual se modifica la Ley 9 de 1989, y la Ley 2 de 1991 y se dictan otras disposiciones.
- Ley 1523 del 2012. Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones.

PNUD. (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo) (2006). Beyond scarcity: Power, poverty and the global water crisis. New York.USA.

RAS 2000. Documentación técnico normativa del sector de agua potable y saneamiento básico.

Rotterdam Maritime Group - Silva Carreño & Asociados S.A., 2012. Plan maestro Puerto de Barranquilla: Resumen & Plan de implementación.

Serie Ambiente y Ordenamiento Territorial. Volumen 1, 2 y 3. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo.

Taylor, P. D., L. Fahrig, K. Henein, y G. Merriam. 1993. Connectivity Is a Vital Element of Landscape Structure. *Oikos* 68:571-573.

Universidad del Norte. 2005. Análisis sobre el manejo integrado del recurso hídrico en la Ciénaga de Mallorquín. Tomo 1 y 2. pp 623 EN: Instituto de Estudios Ambientales y Meteorológicos (INVEMAR); CRA. 2005. Ordenamiento Ambiental De La Zona Costera Del Departamento Del Atlántico. Barranquilla.

Vargas, G. 2012. Procesos de Erosión y Sedimentación Costera entre Bocas de Ceniza y Puerto Colombia, Colombia. XX Seminario Nacional de Hidráulica e Hidrología, Barranquilla. gervarcu.com/index.php/geomorfologia/articulos-o-publicaciones/mis-publicaciones/finish/4/33.



5. ANEXO 1

5. ANEXO 1: Informe de las mesas de trabajo desarrolladas para la actualización y ajuste del plan de ordenamiento y manejo de la cuenca hidrográfica ciénaga de Mallorquín.

Mediante los Oficios con radicado CRA N°1202 del 10 de Marzo, N° 1277 del 13 de Marzo, N° 1549 del 31 de Marzo y N° 1593 del 6 de Abril del 2015 se enviaron los respectivos oficios para contar con la participación en las mesas de trabajo de las siguientes entidades:

ENTIDAD	SECTOR
1. ACOPI	Privado
2. ANALDEX	Privado
3. ANATO	Privado
4. ANDI	Privado
5. ARGOS	Privado
6. ASOPORTUARIA	Privado
7. CAMACOL	Privado
8. CAMARA COLOMBIANA DE LA INFRAESTRUCTURA	Privado
9. CAMARA DE COMERCIO	Privado
10. CAMARA DE COMERCIO COLOMBO AMERICANA	Privado
11. CORPORACIÓN COMITÉ INTERGREMIAL E INTEREMPRESARIAL DEL ATLANTICO	Privado
12. CORPORACION EMPRESARIAL DEL ORIENTE	Privado
13. COTELCO	Privado
14. FASECOLDA	Privado
15. FENALCO	Privado
16. FUNDESARROLLO	Privado
17. LONJA DE PROPIEDAD RAIZ	Privado
18. PROBARRANQUILLA	Privado
19. SOCIEDAD PORTUARIA REGIONAL BARRANQUILLA	Privado
20. URVISA	Privado
21. TRIPLE AAA	Privado
22. ALCALDIA DISTRITAL BARRANQUILLA	Público
23. ALCALDIA MUNICIPAL PUERTO COLOMBIA	Público
24. ALCALDIA MUNICIPAL TUBARA	Público
25. ALCALDIA MUNICIPAL BARANOA	Público
26. ALCALDIA MUNICIPAL SOLEDAD	Público
27. ALCALDIA MUNICIPAL GALAPA	Público
28. AREA METROPOLITANA DE BARRANQUILLA	Público
29. CAPITANIA DE PUERTO BARRANQUILLA	Público
30. CORMAGDALENA	Público
31. CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL ATLANTICO	Público
32. DAMAB	Público
33. EDUBAR	Público
34. FORO HIDRICO	Público
35. GOBERNACION	Público
36. IGAC	Público
37. INCODER	Público
38. INVEMAR	Público

Se anexa copias de los oficios enviados.

Las jornadas de las mesas de trabajo se llevaron a cabo de la siguiente manera:

FECHA	HORA	INVITADOS	LUGAR
Miércoles 18 de marzo del 2015	8:00 am - 12:00 pm	Entidades Publicas	Sede CRA
Miércoles 18 de marzo del 2015	2:00 pm - 5:00 pm	Entidades Publicas	Sede CRA
Jueves 19 de marzo del 2015	8:00 am - 12:00 pm	Gremios	Sede CRA
Miércoles 15 de abril del 2015	8:00 am - 12:00 pm	Gremios	Comfamiliar Sede Norte
Miércoles 15 de abril del 2015	2:00 pm - 5:00 pm	Entidades Publicas	Comfamiliar Sede Norte
Jueves 16 de abril del 2015	8:00 am - 12:00 pm	Funcionarios y Contratistas de la CRA	Sede CRA

Se anexa listados de asistencia

1. El Consorcio inicio la mesa de trabajo explicando a detalle la gestión realizada para llevar a cabo la actualización y ajuste del Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Hidrográfica Ciénaga de Mallorquín, dando respuesta a todas las dudas presentadas por los asistentes.



- *Registro Fotográfico No. 1 Mesa de Trabajo 18 de marzo del 2015 (8:00 am – 12:00 pm) Explicación de la Metodología Desarrollada.*



- *Registro Fotográfico No. 2 Mesa de Trabajo 18 de marzo del 2015 (8:00 am – 12:00 pm) Explicación de la metodología desarrollada.*



- *Registro Fotográfico No. 3 Mesa de Trabajo 18 de marzo del 2015 (2:00 pm – 5:00 pm) Explicación de la metodología desarrollada.*



- *Registro Fotográfico No. 4 Mesa de Trabajo 18 de marzo del 2015 (2:00 pm – 5:00 pm) Explicación de la metodología desarrollada.*



- *Registro Fotográfico No. 5 Mesa de Trabajo 15 de abril del 2015 (8:00 am – 12:00 pm) – Explicación de la metodología desarrollada.*



- *Registro Fotográfico No. 6 Mesa de Trabajo 15 de abril del 2015 (8:00 am – 12:00 pm) – Explicación de la metodología desarrollada.*



- *Registro Fotográfico No. 7 Mesa de Trabajo 15 de abril del 2015 (8:00 am – 12:00 pm) Explicación de la metodología desarrollada.*



- *Registro Fotográfico No. 8 Mesa de Trabajo 15 de abril del 2015 (2:00 pm – 5:00 pm) – Explicación de la metodología desarrollada.*



- *Registro Fotográfico No. 9 Mesa de Trabajo 16 de abril del 2015 (8:00 am – 12:00 pm) Explicación de la metodología desarrollada.*

2. *Se entregó material mapas con la zonificación preliminar del POMCA en mención, de tal forma que los asistentes identificaran, ubicaran y describieran las observaciones sobre la zonificación.*



- *Registro Fotográfico No. 10 Mesa de Trabajo 18 de marzo del 2015 (8:00 am – 12:00 pm) – Observaciones plasmadas por los asistentes sobre la zonificación.*



- *Registro Fotográfico No. 11 Mesa de Trabajo 18 de marzo del 2015 (2:00 pm – 5:00 pm) – Observaciones plasmadas por los asistentes sobre la zonificación.*



- *Registro Fotográfico No. 12 Mesa de Trabajo 18 de marzo del 2015 (2:00 pm – 5:00 pm) – Observaciones plasmadas por los asistentes sobre la zonificación.*



- *Registro Fotográfico No. 13 Mesa de Trabajo 19 de marzo del 2015 (8:00 am – 12:00 pm) – Observaciones plasmadas por los asistentes sobre la zonificación.*



- *Registro Fotográfico No. 14 Mesa de Trabajo 15 de abril del 2015 (8:00 am – 12:00 pm) – Observaciones plasmadas por los asistentes sobre la zonificación.*



- *Registro Fotográfico No. 15 Mesa de Trabajo 15 de abril del 2015 (8:00 am – 12:00 pm) – Observaciones plasmadas por los asistentes sobre la zonificación.*



- *Registro Fotográfico No. 16 Mesa de Trabajo 15 de abril del 2015 (8:00 am – 12:00 pm) – Observaciones plasmadas por los asistentes sobre la zonificación.*



- *Registro Fotográfico No. 17 Mesa de Trabajo 15 de abril del 2015 (2:00 pm – 5:00 pm) – Observaciones plasmadas por los asistentes sobre la zonificación.*



- *Registro Fotográfico No. 18 Mesa de Trabajo 15 de abril del 2015 (2:00 pm – 5:00 pm) – Observaciones plasmadas por los asistentes sobre la zonificación.*



- *Registro Fotográfico No. 19 Mesa de Trabajo 15 de abril del 2015 (2:00 pm – 5:00 pm) – Observaciones plasmadas por los asistentes sobre la zonificación.*



- *Registro Fotográfico No. 20 Mesa de Trabajo 15 de abril del 2015 (2:00 pm – 5:00 pm) – Observaciones plasmadas por los asistentes sobre la zonificación.*



- *Registro Fotográfico No. 21 Mesa de Trabajo 16 de abril del 2015 (8:00 am – 12:00 pm) – Observaciones plasmadas por los asistentes sobre la zonificación.*

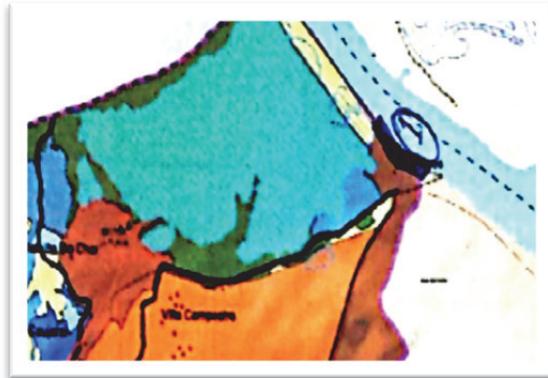


- *Registro Fotográfico No. 22 Mesa de Trabajo 16 de abril del 2015 (8:00 am – 12:00 pm) – Observaciones plasmadas por los asistentes sobre la zonificación.*

3. Las observaciones dadas por los asistentes tenemos que:

ÁREA METROPOLITANA: solicitaron tener en cuenta los proyectos a futuro de la Circunvalar de la prosperidad y el Corredor Ambiental, sin embargo estos no fueron ubicados en el mapa toda vez que manifestaron que dichos proyectos se encuentran en áreas urbanas o de expansión urbana.

CORMAGDALENA: teniendo en cuenta que gran parte de la rivera del río Magdalena será utilizada como zona portuaria, solicito que se considere en algunos sectores conservar riveras verdes con especies de flora que permitan el paso o permanencia de especies de fauna, los cuales podrían ser parques o malecones estratégicos ubicados en la zona donde actualmente se encuentra el Barrio de Las Flores.



CRA: solicitaron considerar un área ubicada en las inmediaciones a la Serranía de Santa Rosa (Área No.1), para la restauración con aptitud para la conservación y observar si existen procesos de erosión y el grado de los mismos en el sector (Área No. 2) aledaño a dicha área.



DAMAB: manifestaron la ubicación de dos rrelenos no autorizados (Áreas No. 1 y 2) y que se sigan manteniendo como zonas de conservación.



FORO HÍDRICO: solicitaron tener en cuenta el proyecto de vía férrea que se tiene proyectado en una zona de uso sostenible en la ribera sur de la Ciénaga de Mallorquín.



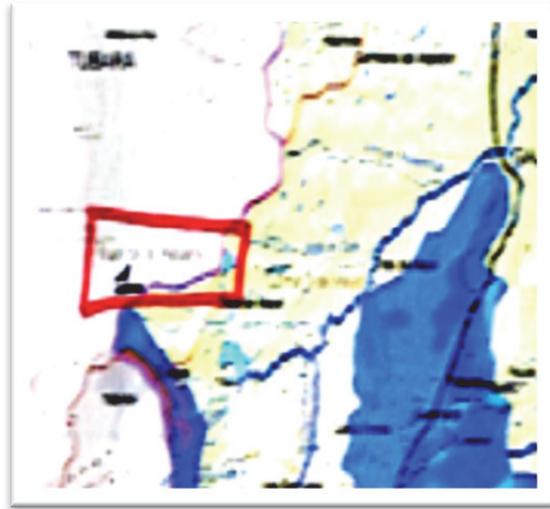
GOBERNACIÓN DEL ATLÁNTICO: los funcionarios no delimitaron en el mapa ninguna observación, sin embargo solicitaron la siguiente información:

- *Un inventario de conflictos entre el ajuste del POMCA propuesto y los EOT, POT y EBOT de los municipios que se encuentran dentro del área delimitada del POMCA.*
- *Las áreas que presenten alto deterioro ambiental así como aquellas con potencial de prestación de servicios ecosistémicos.*
- *Las áreas de actual desarrollo de proyectos productivos*

Por otra parte requirieron un periodo de 3 días hábiles para presentar la señalización de proyectos productivos y en materia de infraestructura que desarrollará la Gobernación, los cuales remitieron el día 06 de mayo del 2015, pero teniendo en cuenta que dicho listado de proyectos no estaban georeferenciados, se les solicito la ubicación de los mismos en el sistema de Magna Sirgas Bogotá Colombia.

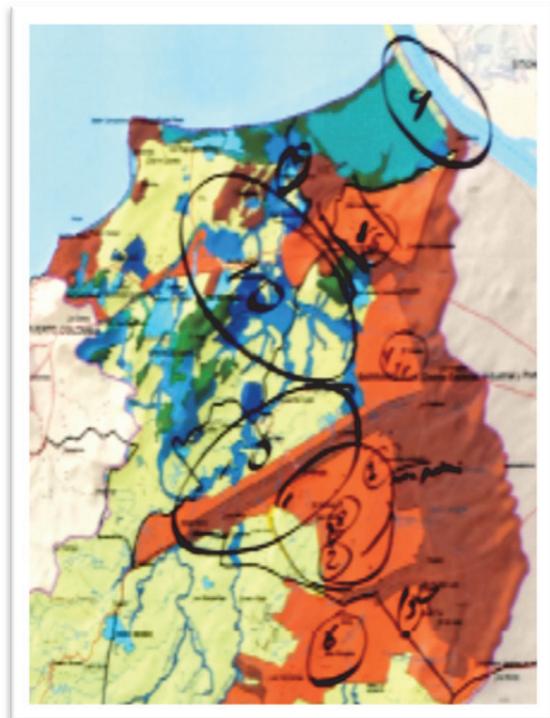
INCODER:

1. manifestaron la construcción de un lago artificial ubicado en la vereda de la Habana, jurisdicción del municipio de Tubara, a fin de beneficiar a 20 familias con reserva de agua y que permita mitigar el riesgo de escasez en temporada de verano o fuerte sequía, así mismo solicitaron que en el ajuste se considere la conservación y restricción en cuanto a los arroyos y correntías que surten de aguas lluvias al lago.



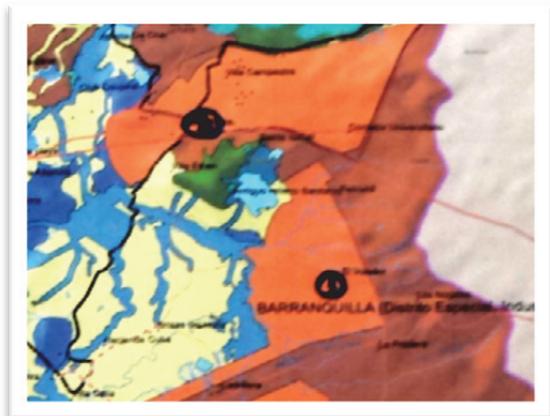
INTERGREMIAL:

1. La protección de la laguna.
2. Los Planes Parciales en aras de expansión urbana de 2007 (POT Barranquilla)
3. Europark tiene licencia de urbanismo
4. Plan parcial Volador
5. Área Urbana de Puerto Colombia Villa Campestre
6. Plan parcial San José (Municipio de Galapa) en urbano
7. Urbanización Brisas de Mallorquín
8. Villas de San Pablo en urbano, Usos de portuarios borde interno Ciénaga de Mallorquín tienen licencia y tener en cuenta la presentación
9. Planes de POT POMCA.



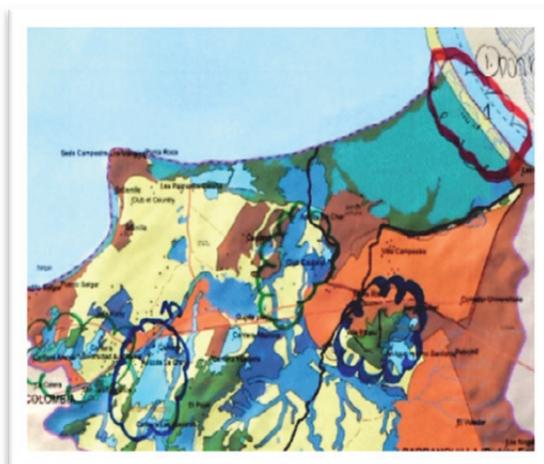
GRUPO GRAMA:

1. Plan parcial Circunvalar – Cordialidad (Desarrollo Urbanístico), argumentan que está en zona de expansión urbana amparada por plan en mención.
2. Desarrollo Urbanístico Ciudad del Mar – Villa Campestre, se encuentra en zona urbana por el Municipio de Puerto Colombia.



SITUM:

1. *Donde quedo el manglar?*
2. *Proyecto con licencia de urbanismo vigente (Santa Isabel)*
3. *Licencia Minera en Cantera Loma China, la zona de recuperación no garantiza la renovación de los permisos ambientales, necesitamos que sea de uso sostenible o que permita sin restricción el uso minero actual y la renovación de licencias y permisos ambientales.*



CAMARA DE COMERCIO BARRANQUILLA:

1. *Vía de acceso a las concesiones portuarias, paralelas al tajamar de bocas de ceniza, esta vía está planeada para llevar el tráfico pesado de carga del corredor portuario y de la segunda circunvalar a las concesiones portuarias y al Súper Puerto.*
2. *Súper Puerto / Concesiones Portuarias: afectación de relleno del costado izquierdo del tajamar de Bocas de Ceniza, frente a la Ciénaga de Mallorquín y de las concesiones portuarias.*
3. *Proyecto futuro logístico.*



CONSTRUCCIONES MARVAL SA:

1. *El proyecto consta de 50 hectáreas de desarrollo futuro con iniciación actual y a su vez adicionar 20 hectáreas aledañas para incrementar el desarrollo.*

