

FORMULACIÓN
POMCA
RÍO MIRA

Plan de Ordenación y Manejo
de la Cuenca Hidrográfica



**FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE
LA CUENCA DEL RÍO MIRA, DEPARTAMENTO DE NARIÑO
DESARROLLO DE LA FASE DE DIAGNOSTICO
Componente Cobertura Uso de la Tierra**



TABLA DE CONTENIDO

Introducción	5
COBERTURA Y USO DE LA TIERRA	6
1. OBJETIVOS	6
1.1 Objetivo general	6
1.2 Objetivos específicos	6
2. METODOLOGÍA	7
2.1 Determinación de la cobertura actual de la tierra	7
2.2. Descripción de las Coberturas actuales de la tierra.....	9
2.3 Análisis multitemporal de la cobertura de la tierra.....	13
2.4 Indicadores del estado de las coberturas naturales.....	16
2.5. Índice de Estado Actual de las Coberturas Naturales (IEACN).....	21
2.6. Estado actual de las cuencas abastecedoras.....	21
3 RESULTADOS.....	21
3.1 Determinación de la cobertura y uso actual de la tierra a escala 1:25.000, mediante interpretación supervisada y no supervisada de imágenes de satélite.	21
3.2 Descripción de las coberturas actuales de la tierra.....	32
3.3. Descripción de los usos actuales	63
3.4. Análisis multitemporal	67
3.5. Indicadores del estado de las coberturas naturales.....	77
4. Conclusiones	104
5. BIBLIOGRAFÍA.....	108

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Puntos de validación de las coberturas en campo en la cuenca del río Mira.....	25
Figura 2. Cobertura de la tierra Nivel 1 para cuenca del río Mira	26
Figura 3. Cobertura de la tierra Nivel 2 para cuenca del río Mira	27
Figura 4. Cobertura de la tierra en la cuenca del río Mira, año 2019 (Convenciones: Nomenclatura) (escala 1:25.000).....	31
Figura 5. Distribución espacial de los territorios artificializados en la cuenca del río Mira	32
Figura 6. Tejido urbano continuo.....	33
Figura 7. Tejido urbano discontinuo	34
Figura 8. Zonas industriales petroleras	35
Figura 9. Red vial y territorios asociados	35
Figura 10. Distribución espacial de los territorios agrícolas en la cuenca del río Mira	37
Figura 11. Palma de aceite	39
Figura 12. Cultivos agroforestales.....	40
Figura 13. Pastos limpios.....	41
Figura 14. Pastos arbolados	42
Figura 15. Pastos enmalezados.....	43
Figura 16. Mosaico de pastos y cultivos.....	44
Figura 17. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	45
Figura 18. Mosaico de cultivos y espacios naturales.....	46
Figura 19. Distribución espacial de los bosques y áreas seminaturales en la cuenca del río Mira	48
Figura 20. Bosque denso alto de tierra firme	49
Figura 21. Bosque denso alto inundable	50
Figura 22. Bosque abierto alto inundable.....	51
Figura 23. Bosque fragmentado con pastos y cultivos	52
Figura 24. Herbazal denso inundable no arbolado.....	53
Figura 25. Herbazal denso inundable arbolado.....	54
Figura 26. Arbustal denso	55
Figura 27. Distribución espacial de las áreas húmedas en la cuenca del río Mira.....	58
Figura 28. Distribución espacial de las superficies de agua en la cuenca del río Mira	61
Figura 29. Río Mira	62
Figura 30. Estanques para acuicultura marina.....	63
Figura 31. Mapa de uso actual de la tierra en la cuenca del río Mira.	65
Figura 32. Cobertura de la tierra en la cuenca del río Mira para el año 2005 (escala 1:100.000)	69
Figura 33. Dinámicas de cambio en la cuenca del río Mira para el periodo 2005-2019 (escala 1:100.000)	76
Figura 34. Tasa de cambio de coberturas de la tierra en la cuenca del río Mira (2005-2019)	79
Figura 35. Indicador de vegetación remanente para la cuenca del río Mira	84
Figura 36. Índice de fragmentación (IF) para la cuenca del río Mira.....	88
Figura 37. Indicador de presión demográfica (IPD) para la cuenca del río Mira	90
Figura 38. Índice de ambiente crítico (IAC) de la cuenca del río Mira	92
Figura 39. Índice de estado actual de las coberturas naturales (IEACN) de la cuenca del río Mira	94
Figura 40. Estado actual de las subcuencas presentes en la cuenca del río Mira.....	103

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Unidades de coberturas de la tierra para la leyenda nacional, escala 1:100.000, de acuerdo con la metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia.	11
Tabla 2. Indicadores de cambios de coberturas entre los periodos 2005 y 2019, considerados en durante el análisis multitemporal de la cuenca del río Mira	14
Tabla 3 Indicador de tasa de Cambio de Coberturas Naturales	16
Tabla 4 Indicador de Vegetación Remanente-IVR	17
Tabla 5 Índice de Fragmentación de Steenmans y Pinborg (2000)	19
Tabla 6 Indicador presión demográfica	20
Tabla 7. Imágenes satelitales utilizadas en este componente.....	22
Tabla 8. Puntos de validación de las coberturas en campo.....	23
Tabla 9. Resumen de cobertura para la cuenca del río Mira durante el año 2019.....	27
Tabla 10. Cobertura de la tierra en su último nivel de clasificación para la cuenca del río Mira	28
Tabla 11. Criterios de decisión para el mapa de uso actual del suelo de la cuenca del ríoMira	63
Tabla 12. Resumen de áreas de uso actual del suelo para la cuenca del río Mira	66
Tabla 13. Análisis multitemporal de la cobertura de la cuenca del río Mira (2005-2019) escala 1:100.000.	70
Tabla 14. Cobertura de la tierra en la cuenca del río Mira para el año 2005 (escala 1:100.000)	72
Tabla 15. Indicadores de cambio de coberturas de la tierra en la cuenca del río Mira entre 2005 y 2019.....	74
Tabla 16. Indicador de tasa de cambio de coberturas naturales (TCCN) para la cuenca del río Mira	78
Tabla 17. Indicador de vegetación remanente (IVR) para la cuenca del río Mira (2005-2019).	82
Tabla 18. Índice de Fragmentación (IF) para la cuenca del río Mira.....	86
Tabla 19. Indicador de presión demográfica (IPD) para la cuenca del río Mira	89
Tabla 20. Índice de ambiente crítico de la cuenca del río Mira.....	91
Tabla 21. Índice de estado actual de las coberturas naturales (IEACN) de la cuenca del río Mira	93
Tabla 22. Estado actual de las subcuenclas de la cuenca del río Mira.	95

INTRODUCCIÓN

El cambio climático y el cambio de uso de la tierra desafían las acciones de conservación de la biodiversidad, y la comprensión de los efectos futuros de estos cambios es urgente para alertar a los tomadores de decisiones e implementar medidas de conservación tempranas (Peterson *et al.* 2003; Visconti *et al.* 2016; Agudelo, Urbina y Armenteras, 2019).

La conversión de grandes áreas naturales en tierras para cultivos, pastos e infraestructura urbana es considerada uno de los factores más importantes en la transformación de los ecosistemas terrestres en los tiempos modernos, generando pérdida y fragmentación del hábitat de especies (Armenteras *et al.* 2003; Newbold *et al.* 2015; Agudelo, Urbina y Armenteras, 2019).

En los ejercicios de ordenamiento la identificación del estado actual de las coberturas naturales, las acciones que generan presión y sus afectaciones, tienen una importancia primordial a la hora de lograr la conservación de la estructura físico-biótica de las cuencas hidrográficas en armonía con el aprovechamiento social y económico, aquí es importante mencionar que los procesos de modificación del paisaje y sus coberturas tienen diversas implicaciones puesto que en el país “la fragmentación de los ecosistemas producto de las actividades humanas, es otro de los mayores impactos sobre la biodiversidad colombiana, pues genera profundos cambios en la estructura de los paisajes, especialmente continentales y costeros. Así, detrás del frente de deforestación quedan mosaicos transformados compuestos no sólo por áreas productivas, sino también por fragmentos de bosque maduro y parches de vegetación secundaria” (Etter, McAlpine, Wilson, Phinn, & Possingham, 2006).

Teniendo en cuenta todos los efectos que se generan producto de la modificación de los ecosistemas, es de vital importancia que la interpretación del fenómeno a nivel de las cuencas hidrográficas sea confiable, para poder dar un diagnóstico acertado, establecer acciones y control. Por esa razón, este documento presenta

un análisis de las coberturas y usos actuales de la tierra en el área de la cuenca del río Mira, cuantificando a nivel general, sus cambios, para finalmente, evaluar el estado actual de las coberturas naturales y las subcuencas abastecedoras de acueductos.

COBERTURA Y USO DE LA TIERRA

1. OBJETIVOS

1.1 Objetivo general

Analizar las coberturas y el uso actual de la tierra a escala 1:25.000 en el área de la cuenca del río Mira, siguiendo los lineamientos establecidos en la guía técnica para la formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas.

1.2 Objetivos específicos

- Determinar la cobertura y uso actual de la tierra a escala 1:25.000, mediante interpretación supervisada y no supervisada de imágenes de satélite bajo la metodología CORINE Land Cover.
- Realizar la descripción de las coberturas actuales de la tierra.
- Obtener un análisis multitemporal en la cobertura natural de la cuenca, con su respectiva salida cartográfica a escala 1:100.000.
- Cuantificar a nivel general el cambio en las coberturas de la tierra (1:100.000).
- Realizar la descripción de usos actuales de la tierra.
- Evaluar el estado actual de las coberturas naturales a través de los indicadores TCCN, IVR, índice de fragmentación, IPD y el IAC.
- Proponer áreas de protección para las cuencas abastecedoras.

2. METODOLOGÍA

Para la interpretación e identificación de la cobertura y uso actual de la tierra se utilizó la metodología CORINE Land Cover, adaptada para Colombia con la leyenda generada por el IDEAM (2010).

2.1 Determinación de la cobertura actual de la tierra

Para el desarrollo de la cobertura de la tierra para la cuenca del río Mira, se cumplieron con tres etapas que garantizaron la precisión, certeza y validación de las coberturas presentes en el área de estudio.

2.1.1 Etapa de pre campo

Esta etapa consistió en la interpretación e identificación de coberturas con diferentes insumos previamente a la visita de campo. Es decir, la verificación de la información cartográfica básica y de las imágenes para la interpretación teniendo en cuenta los sistemas de coordenadas y el cubrimiento del área.

Adicionalmente, se realizó una evaluación de las imágenes satelitales adquiridas, principalmente, del sensor Sentinel-2 del año 2017 - 2018 y con el apoyo del sensor Landsat 8 (año 2015 - 2016), haciendo uso de softwares especializados. A estos insumos, se les aplicó algunas combinaciones de bandas espectrales como el índice de vegetación NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) y SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index), los cuales permitieron identificar los valores físicos como, la clorofila de la vegetación para tener otros parámetros que permitieron la interpretación y clasificación de la cobertura de la cuenca.

Para este caso, se obtuvo información a escala 1:25.000, por ello, de acuerdo a la tabla de formatos y escalas del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, la distancia terrestre equivalente a un centímetro en el mapa es de 250 metros. Es decir que, para las unidades de área, la mínima unidad cartografiada, puede ser representado si sus dimensiones superan 0,2 mm a la escala del mapa, valor conforme al límite de percepción visual humana (Lencinas y Siebert, 2009). En ese orden de ideas,

diferentes autores recomiendan que la mínima unidad cartografiable no sea inferior a 4mm x 4mm, medidos a escala del mapa (Chuvieco, 1995).

Teniendo en cuenta lo anterior, para cartografía a escala 1:25.000, la mínima unidad cartografiable es de 10.000 metros cuadrados. En ese sentido, el concepto de mínima unidad cartografiable está relacionado directamente con la resolución espacial de una imagen requerida, para representar objeto a la escala de producción del mapa; por estas razones para la elaboración del mapa de cobertura y uso del suelo de la cuenca del río Mira se utilizaron imágenes Sentinel-2 cuya resolución espacial es de 10 x 10 metros, lo que quiere decir que, el objeto más pequeño que puede ser representado por imágenes a través de este sensor es de 0,1 hectáreas y si la mínima unidad cartografiable para mapas escala 1:25.000 es de 1 hectárea, las imágenes Sentinel-2 pueden ser utilizadas para producirlos.

En cuanto a la clasificación de coberturas, esta se realizó por medio de la metodología CORINE (Coordination of Information on the Environmental) Land Cover adaptada para el Colombia a escala 1:100.000, al tener en cuenta que, la escala de trabajo requerida es mayor, es decir, escala 1:25.000, se tomó un área mínima cartografiable de 1.6 hectáreas, excepto, para las coberturas de superficies de agua, vías y coberturas naturales identificables en la imagen con representatividad ecológica.

En ese sentido, para la determinación de los puntos de verificación, se procedió a obtener unas zonas de muestreo teniendo en cuenta: vías, situación de orden público, presencia de minas antipersona, cultivos ilícitos, entre otros. Adicionalmente, el trabajo de campo también sirvió como información para complementar zonas donde la nubosidad no permitió la interpretación desde escritorio.

2.1.2 Preparación del trabajo de campo

Para la salida de campo se programó las rutas a seguir, el acompañamiento, transporte, recursos, cartografía general en físico y cartera para la recepción de información.

2.1.2.1 Etapa de campo

En esta etapa se realizó la verificación en campo de las unidades de cobertura mediante recorridos establecidos en un tiempo determinado, de acuerdo a las necesidades y/o dificultades de clasificación. Se registraron puntos para la verificación y validación, con los cuales, se identificaron y corroboraron las diferencias existentes con las coberturas capturadas por medio de las imágenes. Adicionalmente, se visitaron algunos lugares en donde la nubosidad no permitió determinar la cobertura o uso actual de la tierra.

2.1.2.2 Etapa de post campo

La verificación en campo permitió evaluar el resultado de la clasificación de las coberturas obtenidas a partir de la interpretación de imágenes satelitales, haciendo un contraste entre lo observado y lo clasificado. El trabajo de campo consistió en el levantamiento de puntos de validación y de descripción, distribuidos a lo largo y ancho de la cuenca del río Mira (condicionado por el estado de orden público) en los cuales se realizó el registro de la cobertura observada y las coordenadas de localización del punto de muestreo, con los cuales, se construyó una matriz de verificación y clasificación, la cual fue utilizada para medir la precisión global de la clasificación.

2.2. DESCRIPCIÓN DE LAS COBERTURAS ACTUALES DE LA TIERRA

En esta etapa se realizó la descripción de cada nivel de coberturas, llegando hasta el máximo nivel posible, de acuerdo al nivel de acceso a la zona y a las condicionantes de orden público, de acuerdo a lo anterior, algunas de las coberturas, especialmente en la zona media, fueron descritas únicamente hasta

nivel III de interpretación, de acuerdo a lo planteado por la metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia, debido principalmente, a la presencia de cultivos de uso ilícito y las consecuencias que puede abarcar la descripción a mayor nivel por la presencia de grupos armados y las posibles consecuencias que esto puedan desencadenar.

- **Metodología Corine Land Cover.**

La metodología Corine Land Cover (CLC) nació en Europa el 27 de junio de 1985, con el inicio del programa CORINE, “Coordinación de información de medio ambiente”, que es un proyecto de tipo experimental para recopilar, coordinar y homogeneizar la información del estado del medioambiente y los recursos naturales (Valencia y Anaya, 2009), con el objetivo fundamental de recolectar datos de tipo numérico y geográfico para crear una base a escala 1:100.000 sobre el tipo de vegetación o cobertura a través de la interpretación de imágenes satelitales tipo Landsat y Spot (MinAmbiente y Parques Nacionales Naturales, s.f.).

El requisito básico para implementar el programa es la existencia de cambios espectrales, que son detectados mediante el uso de sensores remotos; estos cambios son visiblemente percibidos en la comparación de dos imágenes tomadas en diferentes periodos de tiempo, y los resultados se presentan en forma de polígonos, líneas o puntos (Feranec *et al.* 2007). Estos resultados toman alta importancia científica, ambiental y política como base para el ordenamiento territorial, orientado a la toma de decisiones, la formulación de políticas de protección y conservación de los recursos naturales (Alva y León, 2014). En el caso colombiano, desde 2005 el país ha consolidado una adaptación metodológica de este estándar europeo para fortalecer la capacidad nacional de identificar las dinámicas de las coberturas de la tierra como aporte a la planificación del territorio (IDEAM *et al.* 2007).

La base de datos de Corine Land Cover Colombia (CLC) permite describir, caracterizar, clasificar y comparar las características de la cobertura de la tierra,

interpretadas a partir de la utilización de imágenes de satélite de resolución media (Landsat), para la construcción de mapas de cobertura a diferentes escalas (IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2015).

Tabla 1. Unidades de coberturas de la tierra para la leyenda nacional, escala 1:100.000, de acuerdo con la metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia.

1 TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS		3. BOSQUES Y ÁREAS SEMINATURALES	
1.1. Zonas urbanizadas		3.1. Bosques	
	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, nos agrícolas			3.1.4. Bosque de galería y ripario
	1.4.1. Zonas verdes urbanas		3.1.5. Plantación forestal
	1.4.2. Instalaciones recreativas	3.2. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	
			3.2.1.1. Herbazal denso
2 TERRITORIOS AGRÍCOLAS			3.2.1.1.1.1. Herbazal denso de tierra firme no arbolado
2.1. Cultivos transitorios			3.2.1.1.1.2. Herbazal denso de tierra firme arbolado
	2.1.1. Otros cultivos transitorios		3.2.1.1.1.3. Herbazal denso de tierra firme con arbustos
	2.1.2. Cereales		3.2.1.1.2.1. Herbazal denso inundable no arbolado
	2.1.3. Oleaginosas y leguminosas		3.2.1.1.2.2. Herbazal denso inundable arbolado
	2.1.4. Hortalizas		3.2.1.1.2.3. Arracachal
	2.1.5. Tubérculos		3.2.1.1.2.4. Helechal
2.2. Cultivos permanentes			3.2.1.2. Herbazal abierto

2.2.1. Cultivos permanentes herbáceos	3.2.1.2.1. Herbazal abierto arenoso
2.2.1.1. Otros cultivos permanentes herbáceos	3.2.1.2.2. Herbazal abierto rocoso
2.2.1.2. Caña	3.2.2.1. Arbustal denso
2.2.1.3. Plátano y banano	3.2.2.2. Arbustal abierto
2.2.1.4. Tabaco	3.2.3. Vegetación secundaria o en transición
2.2.1.5. Papaya	3.3. Áreas abiertas, sin o con poca vegetación
2.2.1.6. Amapola	3.3.1. Zonas arenosas naturales
2.2.2. Cultivos permanentes arbustivos	3.3.2. Afloramientos rocosos
2.2.2.1. Otros cultivos permanentes arbustivos	3.3.3. Tierras desnudas y degradadas
2.2.2.2. Café	3.3.4. Zonas quemadas
2.2.2.3. Cacao	3.3.5. Zonas glaciares y nivales
2.2.2.4. Viñedos	4 AREAS HÚMEDAS
2.2.2.5. Coca	4.1. Áreas húmedas continentales
2.2.3. Cultivos permanentes arbóreos	4.1.1. Zonas Pantanosas
2.2.3.1. Otros cultivos permanentes arbóreos	4.1.2. Turberas
2.2.3.2. Palma de aceite	4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua
2.2.3.3. Cítricos	4.2. Áreas húmedas costeras
2.2.3.4. Mango	4.2.1. Pantanos costeros
2.2.4. Cultivos agroforestales	4.2.2. Salitral
2.2.5. Cultivos confinados	4.2.3. Sedimentos expuestos en bajamar
2.3. Pastos	5 SUPERFICIES DE AGUA
2.3.1. Pastos limpios	5.1. Aguas continentales
2 TERRITORIOS AGRÍCOLAS	5 SUPERFICIES DE AGUA
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

Fuente: IDEAM, 2010.

2.2.1 Descripción de los usos actuales de la tierra

Para la determinación del uso actual del suelo, se tomó como insumo principal el mapa de coberturas de la tierra, actualizadas y verificadas en campo y se homologaron con los usos establecidos en la tabla denominada “Clases por capacidad de uso de los suelos” que se presenta en el Anexo A de la Guía de formulación de POMCAS.

2.3 Análisis multitemporal de la cobertura de la tierra

Para el análisis de cobertura de la cuenca del río Mira, teniendo en cuenta el anexo metodológico, se requirió hacer un análisis entre coberturas con un mínimo de 10 años de diferencia. Por ello, comparó la información cartográfica de dos épocas diferentes, las cuales contaban con una diferencia de 13 años, resultado de la interpretación de imágenes Sentinel-2 del año 2018 con su verificación en campo durante el año 2019, y la información cartográfica disponible en el mapa de Cobertura de la tierra (2005) del IDEAM escala 1:100.000, la cual, fue ajustada previamente para que este proceso fuese exitoso.

En este caso particular, se definieron una serie de indicadores donde se reunieron los procesos más relevantes en cuanto al cambio de coberturas de la tierra a una escala general 1:100.000. De esta forma, se definieron indicadores como: fragmentación del bosque, expansión agrícola, expansión de pasturas, expansión de acuicultura, desintensificación de la agricultura, urbanización, intensificación de la agricultura, recuperación de bosques, dinámica de áreas húmedas, dinámica de superficies de agua, cambio similar, otros cambios y sin cambio.

En la construcción de la matriz de definición de cambios, se utilizaron los códigos de coberturas hasta el tercer nivel de la leyenda CORINE Land Cover, en donde, se clasificó todos los posibles cambios entre los dos periodos analizados, para responder a los indicadores establecidos previamente. La siguiente tabla, reúne los indicadores propuestos:

Tabla 2. Indicadores de cambios de coberturas entre los periodos 2005 y 2019, considerados en durante el análisis multitemporal de la cuenca del río Mira

Cod.	Indicador de cambio	Descripción
0	Cambio similar	Dentro de este indicador, se incluyen las áreas donde siendo diferente el código de la cobertura a nivel 3, no se presenta un cambio significativo a nivel 2. Por ejemplo, mosaico de cultivos (241) que cambien a mosaicos de pastos y cultivos (242) o viceversa.
1	Desintensificación de la agricultura	Se considera en este indicador las áreas que en el mapa del periodo 2005, presentaban algún tipo de cultivo o pastizal, y que en el mapa del periodo 2019, haya cambiado a algún tipo de mosaico con presencia de espacios naturales.
2	Dinámica de áreas húmedas	En este indicador se representan los cambios que hayan tenido las áreas húmedas en el periodo de tiempo analizado, el cuales, pueden estar relacionados con el cambio periódico del nivel del mar y con las épocas de más lluvias y menos lluvias, de acuerdo a la fecha de obtención de la información satelital
3	Dinámica de superficies de agua	En este indicador se representan los cambios que hayan tenido las superficies de agua en el periodo de tiempo analizado, el cuales, pueden estar relacionados con la época de menos lluvias o más lluvias de acuerdo a la fecha en las que se obtuvo la información satelital.
4	Expansión agrícola	Con este indicador se identifican las áreas ganadas por la actividad agrícola, que durante el año 2005 estaban ocupadas bajo otro uso o actividad.
5	Expansión de acuicultura	Son áreas ganadas por los estanques de acuicultura marina, que no existían en la información del año 2005, y que están presentes en el año 2019.
6	Expansión de pasturas	Son áreas ganadas por cualquier tipo de pasto que no existían en la información del año 2005, y que están presentes en el año 2019.

7	Fragmentación del bosque	Todas aquellas áreas de bosque que se presentan como bosques fragmentados en la información del año 2005 y que persisten durante el año 2019 y las nuevas áreas que también han sido cuantificadas y ubicadas espacialmente bajo esta cobertura en la actualidad.
8	Intensificación de la agricultura	El indicador cuantifica todas aquellas áreas de mosaicos que presentaban espacios naturales durante el año 2005 y que pasaron a otro tipo de mosaicos sin espacios naturales, o pasturas o monocultivo.
9	Otros cambios	Este indicador recoge los cambios que no son considerados en el análisis multitemporal. Estos incluyen tanto los cambios no lógicos que se presentaron, o que se consideraron irrelevantes para el objetivo de análisis.
10	Recuperación de bosques	En este indicador se incluyen las áreas que no eran bosque en el año 2005 y que, en el año 2019, presentan cualquier tipo de cobertura boscosa.
11	Sin cambio	Áreas donde se presenta el mismo código de cobertura a nivel 3 tanto, en la información del año 2005, como en la información del año 2019, por lo tanto, son las áreas que no tuvieron un cambio en la cobertura durante el periodo de análisis
12	Urbanización	Se incluyen en este indicador las áreas de territorios artificializados presentes durante el año 2019 y que, no existían en el periodo anterior.

Fuente: adaptado de IDEAM, 2013.

Una vez establecida la matriz para la definición de los cambios de coberturas, se realizó el cruce de las dos capas de coberturas para los periodos determinados (2005 y 2019) por medio de la operación de análisis espacial denominada intersección, la cual, combina ambas capas y reúne los atributos de cada una de las mismas en una nueva capa. La capa resultante del proceso de intersección, presentaron los códigos de coberturas de ambos periodos, por lo tanto, permitieron identificar todas las combinaciones posibles entre estos dos códigos de coberturas, finalmente, a cada una de estas opciones, se le asignó el indicador resultante de la matriz de cambio. Por ejemplo, a los polígonos que presenten un código 311 en el

año 2005, y un código 231 en el año 2019, se le asignó el indicador de expansión de pasturas, este proceso se repitió de acuerdo a las combinaciones posibles (adaptado de IDEAM, 2013).

2.3.1 Cuantificación general del cambio de las coberturas

En este aspecto, el análisis multitemporal fue elaborado a escala 100.000 lo cual implicó la generalización de la interpretación de coberturas escala 1:25.000 que se ejecutó para la última fecha. Para ello, se realizó, una homologación de niveles de clasificación de la leyenda CORINE Land Cover hasta nivel III, la cual resulta la escala más apropiada para trabajar a 1:100.000.

2.4 Indicadores del estado de las coberturas naturales

2.4.1 Índice Tasa de Cambio de Coberturas Naturales – TCCN

Para el cálculo de este índice se siguieron los lineamientos de la Guía de formulación de POMCAS (2014), donde se calculan las áreas de las coberturas naturales en los dos periodos del análisis multitemporal que, para este caso, entre el año 2005 y 2019.

En ese sentido, el Indicador de tasa de Cambio de Coberturas Naturales - TCCN permitió determinar en el periodo final el grado de transformación, en términos de cuenca, lo que ayudó a identificar las coberturas donde se presentaron los impactos y transformaciones positivas o negativas (cambio de uso o regeneración natural). Así mismo, el indicador a usar requirió de un grado de comparación entre la misma cobertura, para que numéricamente no arroje una indeterminación.

Tabla 3 Indicador de tasa de Cambio de Coberturas Naturales

Elemento	Descripción
Fórmula	$TCCN = (\ln ATC2 - \ln ATC1) * 100 / (t2 - t1)$
Variables y Unidades	TCNN: Tasa de cambio de las coberturas naturales en porcentaje ATC2. Área total de la cobertura en el momento dos (o final) ATC1. Área total de la cobertura en el momento uno (o inicial) (t2-t1): Número de años entre el momento inicial (t1) y el momento final (t2) Ln: Logaritmo natural

Insumos	Mapa de cobertura de la tierra actual y mapa de cobertura de la tierra de una época anterior, como mínimo 10años.		
Interpretación de la calificación	Categoría	Descriptor	Calificación
	Baja	Menor del 10%	20
	Media	Entre 11-20%	15
	Medianamente alta	Entre 21-30%	10
	Alta	Entre 31-40%	5
Muy alta	Mayor 40%	0	

2.4.2 Indicador de Vegetación Remanente en porcentaje -IVR

El cálculo del Indicador de Vegetación Remanente-IVR, permitió determinar el grado de transformación o conservación de las Coberturas Vegetales dentro del Área del estudio, por ello, en este se evaluaron las áreas artificializadas. Este indicador, equiparable y consecuente con el TCCN permitió establecer pautas para la priorización de conservación y protección de escenarios naturales vegetales. Para el desarrollo del indicador se utilizaron las pautas técnicas de la Guía de formulación de POMCAS (MinAmbiente, 2014).

Se debe tener en cuenta que, este indicador fue desarrollado agrupando las áreas con vegetación natural, por tanto, no es orientado a discriminar la vegetación remanente por cobertura (MinAmbiente, 2014).

Tabla 4 Indicador de Vegetación Remanente-IVR

Elemento	Descripción		
Fórmula	$IVR = (AVR/At) * 100$		
Variables y Unidades	AVR. Es el área de vegetación remanente. At: Es el área total de la unidad, en kilómetros cuadrados o hectáreas.		
Insumos	Mapa de cobertura actual de la tierra y de una época anterior, lo más antigua posible		
Interpretación de la calificación	Descriptor	Rango	Calificación
	NT: No transformado o escasamente transformado. Sostenibilidad alta	IVR \geq 70%	20
	PT: Parcialmente transformado. Al Menos el 70% de la vegetación primaria permanece sin alterar. Sostenibilidad media	IVR \geq igual al 50% y < del 70%	15
	MDT: Medianamente transformado. Sostenibilidad media baja	IVR \geq a 30% y < del 50%	10

	MT: Muy transformado. Sostenibilidad baja	IVR \geq a 10% y < del 30%	5
	CT: Completamente transformado.	IVR <10%	0

2.4.3 Índice de Fragmentación de Steenmans y Pinborg (2000)

La fragmentación de los ecosistemas es un proceso a nivel de paisaje en el cual un ecosistema se subdivide en porciones más pequeñas, geométricamente más complejas y más aisladas, como resultado tanto de procesos naturales como de actividades humanas.

Este proceso conlleva cambios en la composición, estructura y función del paisaje y puede ser medida, con base en una caracterización previa de los ecosistemas presentes, mediante diversos tipos de índices de fragmentación.

Esta metodología propone que, este índice no se aplica a cada cobertura, sino que establece solo dos tipos de categorías para el análisis:

Las Áreas sensibles y las áreas no sensibles, las cuales, representan áreas con cobertura vegetal natural y la cobertura transformada o no vegetal natural, respectivamente.

En este caso, el Índice de Fragmentación de Steenmans y Pinborg (2000), consiste metodológicamente en lo siguiente:

$$IF = \frac{PSC}{\left(\left(\frac{PS}{CS} \right) / 16 \right) \times \left(\frac{PS}{16} \right)}$$

Siendo psc las celdillas sensibles conectadas, ps las celdillas sensibles; y, cs los complejos sensibles. 16 es el número de grillas en estudio según artículo original.

En la determinación de este índice presenta las siguientes características:

- Homogeniza las coberturas naturales sin discriminar características bióticas.
- Fue desarrollada para trabajos a 1.100.000. - Divide la temática o área de estudio en Pixeles de 2 km por 2 km.

- La rasterización (convertir polígonos-vectores en celdas) ocasiona en algunos casos la alteración de los datos, sin definir exactamente, la pérdida o aumento de áreas por el mismo efecto de la transformación.
- El Índice propuesto trabaja con celdas de 250 m de lado (6.25 hectáreas) con un patrón de comparación de 16 celdas (16*6.25= 1 km² o 100 hectáreas), dentro de un área de estudio de 4 km² (400 hectáreas). El desarrollo del Índice no discrimina la fragmentación por coberturas.

Aunque la bibliografía original propone la posibilidad de hacer el análisis en mayor o menor área, la sensibilidad del cálculo y de la interpretación de los datos también variaría, por lo cual, solo es recomendable aplicarlo bajo los parámetros establecidos.

Tabla 5 Índice de Fragmentación de Steenmans y Pinborg (2000)

Elemento	Descripción		
Nombre	Índice de Fragmentación (IF)		
Objetivo	Cuantificar el grado o tipo de fragmentación de los diferentes tipos de cobertura natural de la tierra.		
Definición	La fragmentación se entiende como la división de un hábitat originalmente continuo en relictos remanentes inmersos en una matriz transformada (Sanders <i>et al.</i> 1991). Con el fin de conocer el índice de fragmentación se aplicará la metodología de Steenmans y Pinborg (2000) que tiene en cuenta el número de bloques de vegetación y su grado de conectividad.		
Fórmula	<p>índice de fragmentación=</p> $IF = \frac{PSC}{\left(\frac{(PS/CS)}{16}\right) \times \left(\frac{PS}{16}\right)}$ <p>Siendo psc las celdas sensibles conectadas, ps las celdas sensibles; y, cs los complejos sensibles. 16 es el número de celdas en estudio según artículo original para 1 km²</p>		
Variables y Unidades	Número de grillas, número de celdas, conectividad de las celdas. Números decimales y enteros entre 0.01 y 100		
Insumos (o fuente datos)	Mapa de cobertura actual de la tierra de la cual, se extraen las coberturas naturales exclusivamente		
Interpretación de la calificación	Descriptor	Rango	Calificación
	Mínima	<0.01	20
	Poca	Entre 0.01 y 0.1	15
	Moderada	Entre 0.1 y 1	10

	Fuerte	Entre 1 y 10	5
	Extrema	Entre 10 y 100	0
Índices de fragmentación con rangos de fuerte y extremo con valores superiores a 10 presentan pérdidas críticas de cobertura de uso del suelo, lo cual se asocia a pérdidas de hábitat			

2.4.4 Indicador presión demográfica

El Índice de presión demográfica mide la tasa de densidad de la población por unidad de análisis, el cual indica la presión sobre la oferta ambiental en la medida en que, a mayor densidad mayor demanda ambiental, mayor presión, mayor amenaza a la sostenibilidad (Márquez, 2000). El tamaño de la población denota la intensidad del consumo y el volumen de las demandas que se hacen sobre los recursos naturales.

Tabla 6 Indicador presión demográfica

Elemento	Descripción						
Objetivo	Medir la presión de la población sobre los diferentes tipos de coberturas naturales de la tierra.						
Definición	Mide la tasa de densidad de la población por unidad de análisis, lo cual indica la presión sobre la oferta ambiental en la medida en que, a mayor densidad mayor demanda ambiental, mayor presión, mayor amenaza a la sostenibilidad (Márquez, 2000). El tamaño de la población denota la intensidad del consumo y el volumen de las demandas que se hacen sobre los recursos naturales.						
Fórmula	$IPD = d * r$						
Variables	d = densidad poblacional, r = tasa de crecimiento (intercensal)						
Insumos	Mapas de cobertura de la tierra (de los cuales se extraen las coberturas naturales) y dato de densidad por municipio						
Observaciones	Para la aplicación del indicador el autor calculó la tasa de crecimiento a partir de la siguiente expresión del crecimiento poblacional: $N_2 = N_1 \cdot e^{rt}$ Dónde: N_1 = población censo inicial N_2 = población censo final e = base de los logaritmos naturales (2.71829) r = tasa de crecimiento t = tiempo transcurrido entre los censos						
Interpretación de la calificación	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Rango</th> <th>Descriptor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IPD < 1</td> <td>La unidad expulsa población y la sostenibilidad podría mantenerse o recuperarse; presión de la población baja y sostenibilidad alta.</td> </tr> <tr> <td>IPD > 1 < 10</td> <td>Población y amenazas crecientes pero normales, presión de la población y sostenibilidad media.</td> </tr> </tbody> </table>	Rango	Descriptor	IPD < 1	La unidad expulsa población y la sostenibilidad podría mantenerse o recuperarse; presión de la población baja y sostenibilidad alta.	IPD > 1 < 10	Población y amenazas crecientes pero normales, presión de la población y sostenibilidad media.
	Rango	Descriptor					
	IPD < 1	La unidad expulsa población y la sostenibilidad podría mantenerse o recuperarse; presión de la población baja y sostenibilidad alta.					
IPD > 1 < 10	Población y amenazas crecientes pero normales, presión de la población y sostenibilidad media.						

Elemento	Descripción	
	IPD > 10	Crecimiento acelerado de la población; presión de la población alta
	IPD > 100	Crecimiento excesivo, grave amenaza a la sostenibilidad.

2.4.5 Índice de ambiente crítico

Este índice combina los indicadores de vegetación remanente (IVR) y presión demográfica (IPD), de donde resulta un índice de estado-presión que señala a la vez grado de transformación y presión poblacional. Para calificar las áreas se adoptó la matriz utilizada por Márquez (2000) con modificación.

De acuerdo con esto, el grado de transformación y presión poblacional de la cuenca estará dada por la relación del índice de vegetación remanente y el índice de presión demográfica.

2.5. ÍNDICE DE ESTADO ACTUAL DE LAS COBERTURAS NATURALES (IEACN)

Se integró la calificación de los indicadores e índices: IVR, TCCN, IF e IAC, cada uno de estos tiene un peso de 25%, valor máximo de la suma de indicadores = 80.

2.6. ESTADO ACTUAL DE LAS CUENCAS ABASTECEDORAS

A partir de la información anterior, se logró conocer el estado de las coberturas naturales en cuencas abastecedoras de acueductos municipales a los cuales, se les propuso medidas de protección de acuerdo a las necesidades.

3 RESULTADOS

3.1 Determinación de la cobertura y uso actual de la tierra a escala 1:25.000, mediante interpretación supervisada y no supervisada de imágenes de satélite.

3.1.1 Insumos cartográficos

Para la realización del mapa de coberturas de la tierra de la cuenca a escala 1:25.000 se utilizaron imágenes del satélite Sentinel-2 y Landsat 8 que fueron adquiridas en el marco del proyecto. Las imágenes del sensor Sentinel, poseen una resolución de 10 metros, las cuales poseen 13 bandas, las cuales fueron procesadas en el software SNAP. De igual manera, se empleó el apoyo de imágenes Landsat 8 para las zonas en donde la nubosidad limitaba la clasificación de las coberturas. En la siguiente tabla, se muestra las imágenes utilizadas en este componente:

Tabla 7. Imágenes satelitales utilizadas en este componente

Sensor	Id Imagen	Fecha
Sentinel-2	L1C_T17NQB_A014222_20180313T154103	13/03/2018
Sentinel-2	L1C_T17NQC_A013936_20180221T153745	21/02/2018
Sentinel-2	S2A_OPER_MSI_L1C_TL_MTI__20160103T154328_20160103T202230_A002782_T17NQB_N02_01_01	03/01/2016
Landsat 8	LC08_L1TP_010059_20150611_20170408_01_T1	11/06/2015
Landsat 8	LC08_L1TP_010059_20160206_20170330_01_T1	06/02/2016

Fuente: este estudio.

3.1.2 Aspectos generales

Es importante anotar que sólo se cartografiaron las categorías de cobertura que superan el área mínima cartografiable, por lo cual, el hecho de que, por ejemplo, algunos cultivos específicos no aparezcan en el mapa no significa que no existan dentro de la cuenca. Estos existen, pero no en un tamaño individual superior a 1,6 ha, exceptuando, las unidades correspondientes a la categoría de territorios artificializados cuya área mínima es 1 ha. Cabe señalar que, se hizo una excepción con algunas unidades de interés o con representatividad ecológica, como los bosques inundables y las superficies de agua. Finalmente, para los elementos

lineales como ríos y vías, se registraron en el mapa aquellos que tenían un ancho mínimo de 25 metros.

Es importante dejar constancia de que algunas coberturas solamente son descritas hasta nivel III de interpretación, de acuerdo a lo planteado por la metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia, siendo un claro ejemplo de ello la cobertura de mosaico de pastos y cultivos (2.4.2), pastos limpios (2.3.1), ríos (5.1.1), zonas pantanosas (4.2.1), estanques para acuicultura marina (5.2.3), entre otras; y que hacen parte de las coberturas interpretadas para la cuenca del río Mira.

3.1.3 Fase de campo

Conforme plantea la metodología CORINE Land Cover, a partir de la interpretación preliminar, se procedió a efectuar la validación de las unidades de cobertura de la tierra en campo. Para la determinación de puntos de verificación, se procedió a tener una malla de puntos de fácil acceso teniendo en cuenta vías y la situación de orden público, entre otros. La metodología se fundamentó en visitar la mayor cantidad de coberturas donde existieran dudas en la interpretación e igualmente, fuese posible su acceso de acuerdo a las dinámicas de seguridad de la zona y los recursos disponibles.

En esta etapa se realizó la verificación en campo de las unidades de cobertura mediante recorridos establecidos en la cuenca. Se registraron cerca de 40 puntos para su validación, con los cuales, se identificaron y corroboraron las coberturas capturadas por medio de los sensores remotos. A continuación, se muestran los puntos de validación tras el proceso de campo:

Tabla 8. Puntos de validación de las coberturas en campo.

NO	Cobertura	Latitud	Longitud	y_proj	x_proj
1	Estanques para acuicultura marina	1.782550577	-78.79187062	1756013.494	4354972.612
2	Herbazal denso inundable no arbolado	1.767537447	-78.78201314	1754342.744	4356068.948
3	Bosque denso alto inundable	1.760649079	-78.78689195	1753579.456	4355521.356
4	Herbazal denso inundable arbolado	1.74998826	-78.78894491	1752396.223	4355288.26

5	Vegetación secundaria baja	1.739185363	-78.7847769	1751195.064	4355750.339
6	Estanques para acuicultura marina	1.734721006	-78.78294767	1750698.647	4355953.235
7	Bosque denso alto inundable	1.715411544	-78.77800751	1748552.566	4356498.77
8	Tejido urbano discontinuo	1.715171096	-78.77556278	1748525.036	4356771.89
9	Bosque denso alto inundable	1.712925927	-78.77566797	1748275.738	4356759.382
10	Red vial y terrenos asociados	1.693573	-78.763798	1746122.569	4358079.402
11	Pastos limpios	1.667326904	-78.75077131	1743203.642	4359526.51
12	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	1.666058538	-78.75820828	1743065.227	4358695.018
13	Tejido urbano discontinuo	1.655442997	-78.74403716	1741881.764	4360275.189
14	Pastos limpios	1.648295136	-78.74215408	1741087.406	4360483.32
15	Pastos arbolados	1.632764184	-78.72993178	1739358.835	4361844.172
16	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	1.612735977	-78.72207645	1737132.337	4362715.662
17	Cultivos agroforestales	1.615619	-78.720235	1737451.895	4362922.34
18	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	1.593901941	-78.71359289	1735038.312	4363657.806
19	Cultivos permanentes arbóreos	1.578191614	-78.71024079	1733292.786	4364027.56
20	Bosque fragmentado con pastos y cultivos	1.572010768	-78.71942478	1732609.28	4362999.389
21	Pastos limpios	1.568053401	-78.70880218	1732166.594	4364185.229
22	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	1.467064656	-78.67693044	1720943.686	4367717.153
23	Pastos limpios	1.456969071	-78.67923728	1719823.384	4367456.53
24	Cultivos permanentes arbóreos	1.448197161	-78.67864983	1718849.235	4367519.72
25	Ríos	1.461289	-78.680092	1720303.288	4367362.233
26	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	1.46388	-78.679218	1720590.731	4367460.629
27	Estanques para acuicultura marina	1.688169055	-78.74987574	1745517.834	4359633.412
28	Estanques para acuicultura marina	1.691783	-78.746329	1745917.979	4360030.941
29	Estanques para acuicultura marina	1.696562	-78.748165	1746449.287	4359827.354
30	Bosque denso alto inundable	1.699687978	-78.75195821	1746797.686	4359404.509
31	Pastos enmalezados	1.683894042	-78.74391102	1745041.13	4360298.546
32	Herbazal denso inundable arbolado	1.775564203	-78.78678583	1755235.827	4355538.394
33	Zonas industriales o comerciales	1.794352273	-78.79008733	1757323.517	4355176.043
34	Tejido urbano continuo	1.810265	-78.766502	1759082.299	4357817.241
35	Ríos	1.803150372	-78.77509707	1758295.262	4356854.271
36	Bosque denso alto de tierra firme	1.27967818	-78.48125902	1700089.705	4389530.978
37	Bosque denso alto de tierra firme	1.280389307	-78.47951685	1700168.22	4389725.776
38	Bosque denso alto inundable	1.52222903	-78.86993368	1727126.752	4346162.717
39	Bosque denso alto inundable	1.506691938	-78.87283501	1725401.891	4345833.711
40	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	1.664303166	-78.80770447	1742886.565	4353162.977

Fuente: este estudio.

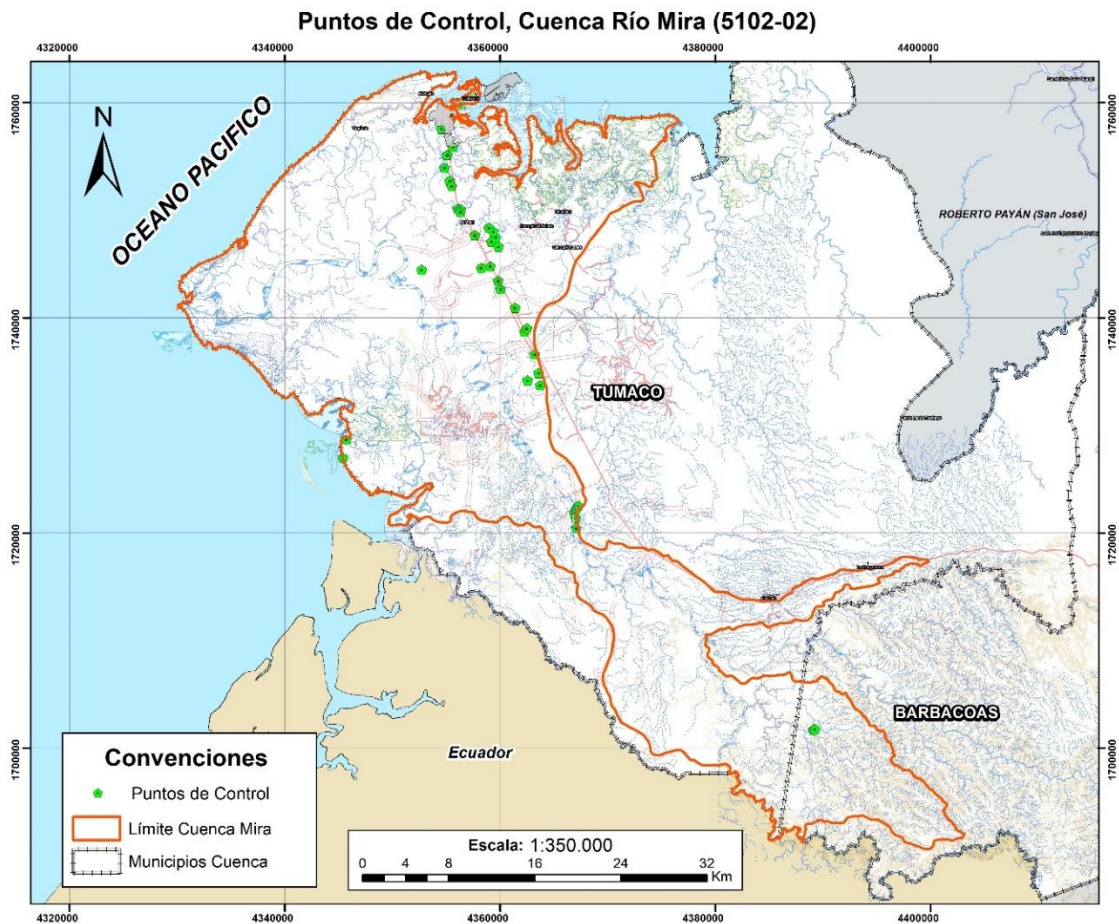


Figura 1. Puntos de validación de las coberturas en campo en la cuenca del río Mira
 Fuente: este estudio.

Las coberturas de la tierra en el área de la cuenca del río Mira actualizada con fecha de imágenes del año 2018 y verificación en campo en el año 2019, dieron como resultado un total de treinta y dos (32) tipos de coberturas diferentes según la metodología Corine Land Cover, agrupadas en cinco (5) niveles principales (véase Figura 2), dentro de los que se destacan principalmente los bosques y áreas seminaturales con 74.267,26 hectáreas siendo el 48,8%, seguido de territorios agrícolas con 62.034,77 hectáreas siendo el 40,76% del total de la cuenca; en cuanto a los territorios artificializados, esta corresponde a la de menor área en la cuenca con 1.139,81 hectáreas, siendo el 0,75% de la zona de estudio (véase Tabla 5).

De acuerdo a la figura 2 se observan procesos de ampliación de la frontera agrícola hacia la zona noroeste y sureste de la cuenca, siendo la primera, zona de producción de palma de aceite (*Elaeis guineensis* JACQ) lo cual implica, posibles impactos negativos a los ecosistemas de manglar; y en el segundo caso, se observa predominancia y expansión de cultivos permanentes arbustivos, al igual que, pastos y plátanos (*Musa* sp.), lo que a futuro, puede generar pérdidas de los ecosistemas boscosos de tierra firme, ubicados principalmente, en la zona alta de la cuenca y siendo estos, los principales reguladores del ciclo hídrico en el río Mira.

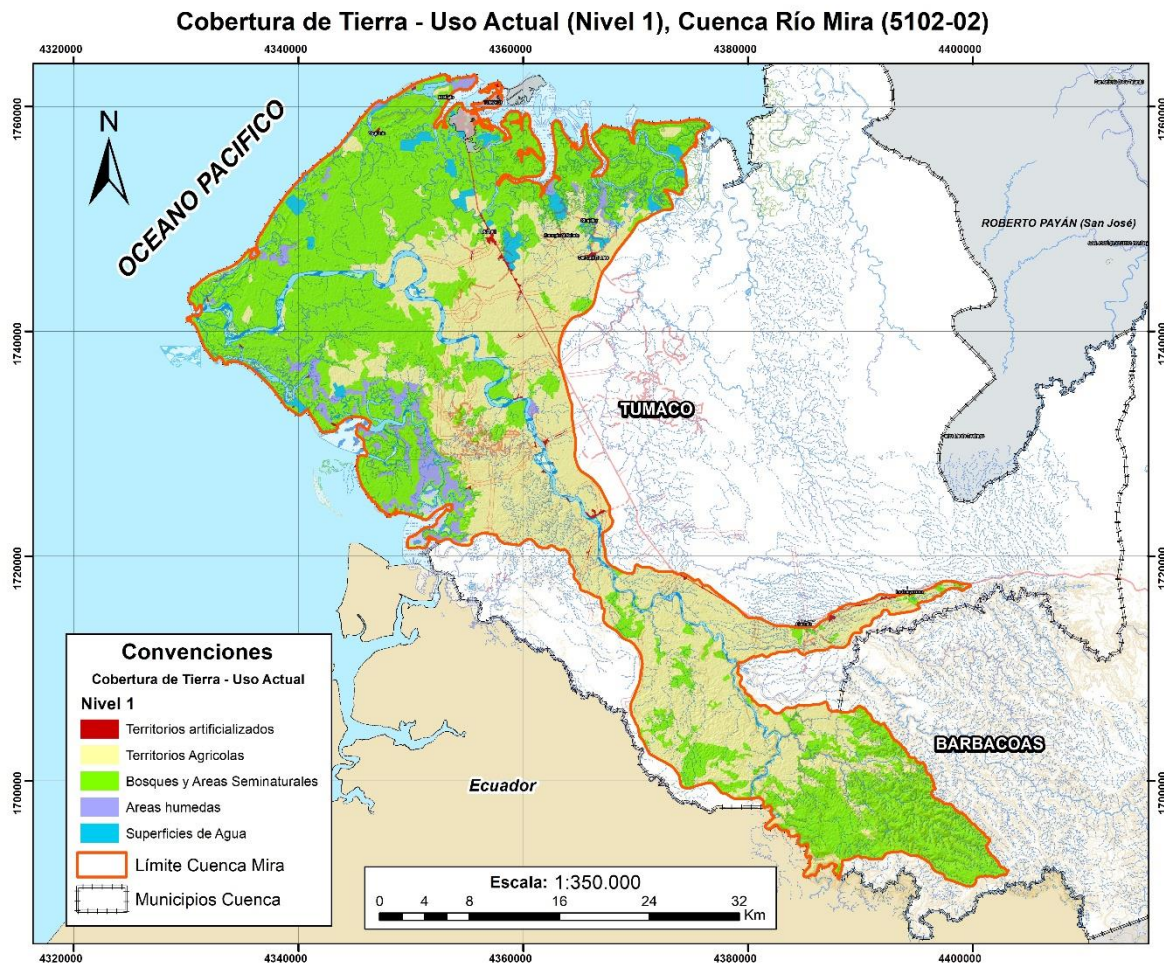


Figura 2. Cobertura de la tierra Nivel 1 para cuenca del río Mira
 Fuente: este estudio.

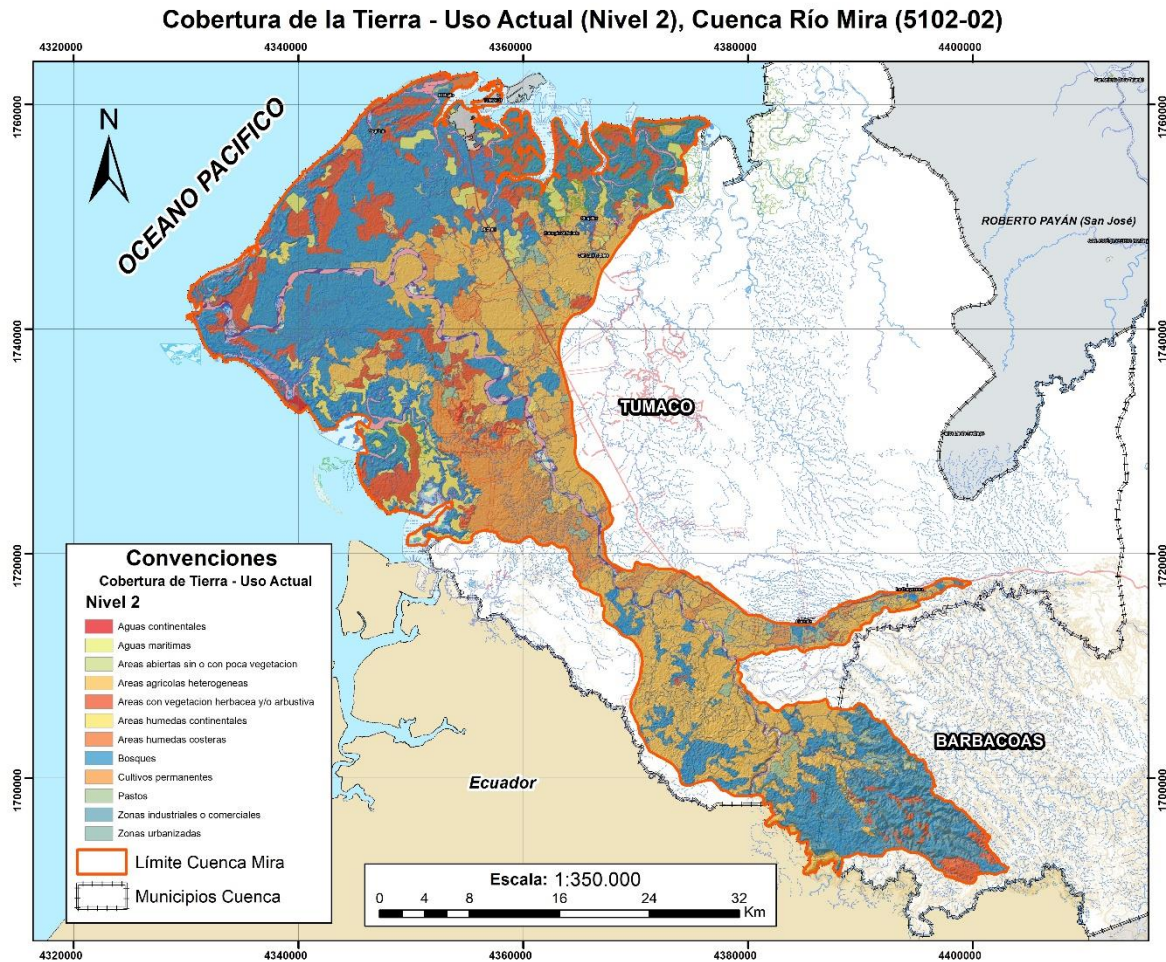


Figura 3. Cobertura de la tierra Nivel 2 para cuenca del río Mira
Fuente: este estudio.

Tabla 9. Resumen de cobertura para la cuenca del río Mira durante el año 2019.

Código	Cobertura	Área total (ha)	Área total (%)
1	Territorios artificializados	1139.81	0.75
1.1	Zonas urbanizadas	1032.04	0.68
1.2	Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	107.77	0.07
2	Territorios agrícolas	62034.77	40.76
2.2	Cultivos permanentes	12995.04	8.54
2.3	Pastos	3909.63	2.57
2.4	Áreas agrícolas heterogéneas	45130.10	29.65
3	Bosques y áreas seminaturales	74267.26	48.80
3.1	Bosques	57247.13	37.62
3.2	Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	16955.69	11.14

3.3	Áreas abiertas sin o con poca vegetación	64.45	0.04
4	Áreas húmedas	4958.06	3.26
4.1	Áreas húmedas continentales	4378.86	2.88
4.2	Áreas húmedas costeras	579.20	0.38
5	Superficies de agua	9789.33	6.43
5.1	Aguas continentales	7308.05	4.80
5.2	Aguas marítimas	2481.28	1.63
Total		152189.2	100

Fuente: este estudio.

De acuerdo a la tabla anterior, en la cuenca del río Mira el 48,8% de su área corresponde a bosques y áreas seminaturales y muy seguido de esta, se encuentran los territorios agrícolas con un 40,76%, mostrando en estos, pérdida de su estructura y funciones ecosistémicas originales debido a la intervención antrópica. En cuanto a la cobertura de menor área, esta se encuentra representada por los territorios artificializados con 1.139,81 ha lo que corresponde al 0,75%, evidenciándose una alta dispersión de las viviendas y solo concentraciones de la población en la zona noreste de la cuenca y alrededor de la red vial y fluvial.

Tabla 10. Cobertura de la tierra en su último nivel de clasificación para la cuenca del río Mira

Código	Leyenda Cobertura	Área (ha)	Área (%)
1.1.1	Tejido urbano continuo	522.27	0.34
1.1.2	Tejido urbano discontinuo	509.76	0.33
1.2.1.1	Zonas industriales petroleras	13.65	0.01
1.2.2.1.1	Red vial, ferroviaria y terrenos asociados (Vías pavimentadas)	94.12	0.06
2.2.3.2	Palma de aceite	12969.26	8.52
2.2.4	Cultivos agroforestales	25.78	0.02
2.3.1	Pastos limpios	2032.95	1.34
2.3.2	Pastos arbolados	275.91	0.18
2.3.3	Pastos enmalezados	1600.77	1.05
2.4.1	Mosaico de cultivos	153.33	0.10
2.4.2	Mosaico de pastos y cultivos	13915.08	9.14
2.4.3	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	26824.38	17.63
2.4.4	Mosaico de pastos con espacios naturales	2317.81	1.52
2.4.5	Mosaico de cultivos y espacios naturales	1919.50	1.26
3.1.1.1.1	Bosque denso alto de tierra firme	24574.10	16.15
3.1.1.1.2	Bosque denso alto inundable	21761.32	14.30
3.1.2.1.2	Bosque abierto alto inundable	15.11	0.01
3.1.3.1	Bosque fragmentado con pastos y cultivos	10067.88	6.62

3.1.3.2	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	828.71	0.54
3.2.1.1.2.1	Herbazal denso inundable no arbolado	1100.79	0.72
3.2.1.1.2.2	Herbazal denso inundable arbolado	3338.43	2.19
3.2.2.1	Arbustal denso	6078.25	3.99
3.2.2.2	Arbustal abierto	2180.53	1.43
3.2.3.1	Vegetación secundaria alta	2719.26	1.79
3.2.3.2	Vegetación secundaria baja	1538.44	1.01
3.3.1	Zonas arenosas naturales	55.44	0.04
3.3.1.1	Playas	9.01	0.01
4.1.1	Zonas pantanosas	4378.86	2.88
4.2.3	Sedimentos expuestos en bajamar	579.20	0.38
5.1.1	Ríos	7308.05	4.80
5.2.2	Mares y océanos	121.41	0.08
5.2.3	Estanques para acuicultura marina	2359.87	1.55
Total		152189.2	100

Fuente: este estudio.

De acuerdo a esta información, se puede inferir que, en la cuenca del río Mira existe una predominancia de mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales con 26.824,38 ha, mostrando que el 17,63% de la zona bajo estudio ostenta una distribución intrincada en sus minifundios y/o microfundios en donde se han establecido variedad de pastos, cultivos anuales, transitorios o permanentes en interacción con espacios naturales, asociados a un uso agroforestal, dado que los espacios naturales se distribuyen en fragmentos de bosques que frecuentemente protegen nacimientos de agua, están en fuertes pendientes o hacen parte del límite de intervención o ampliación de la frontera agrícola.

El segundo tipo de cobertura de mayor área en la cuenca, corresponde al bosque denso alto de tierra firme con 24.574,10 ha, en donde no se evidencia intervención antrópica, o se presenta una intervención selectiva que, no ha alterado su estructura original y sus características funcionales. En tercer lugar, se encuentra el bosque denso alto inundable con alrededor de 21.761,32 ha, siendo este el 14,3% de la zona de estudio, pero siendo la unidad de mayor importancia ecosistémica encontrada, debido a su riqueza en biodiversidad y su amplia funcionalidad en cuanto a protección natural contra marejadas, tsunamis, el aumento del nivel del mar, la erosión y un amplio potencial para la mitigación del cambio climático.



Fase de Diagnostico
POMCA Mira

Con respecto a las unidades de menor área, estas corresponden a playas y zonas industriales o comerciales, ostentando 9,01 ha y 13,65 ha, respectivamente. La primera unidad, corresponde a terrenos bajos y planos constituidos principalmente por suelos arenosos y, desprovistos de vegetación, y la segunda, al área de influencia de la Empresa Colombiana de Petróleos Regional Tumaco.

En tercer lugar, se encuentra el bosque abierto alto inundable, el cual corresponde al bosque inundable en proceso de sucesión natural con un área de 15,11 ha, es decir, 0,01%, y en cuarto lugar, los cultivos agroforestales con 25,78 ha, dedicadas principalmente, a la producción de cacao (*Theobroma cacao* L.) en asocio con maderables como cedro (*Cedrela odorata* L.) y tangare (*Carapa guianensis* Aubl.), sin embargo, se aclara que esta no es el área total bajo producción de cacao en la cuenca, en este caso, el patrón intrincado de los micro y minifundios impide su representación individual a la escala utilizada, adicionalmente, su característica de establecimiento bajo el dosel de otros árboles, dificultó su clasificación haciendo uso de sensores remotos, y por ello, se concluye que, el área de producción de este cultivo permanente arbustivo puede ser mayor en la zona de estudio.

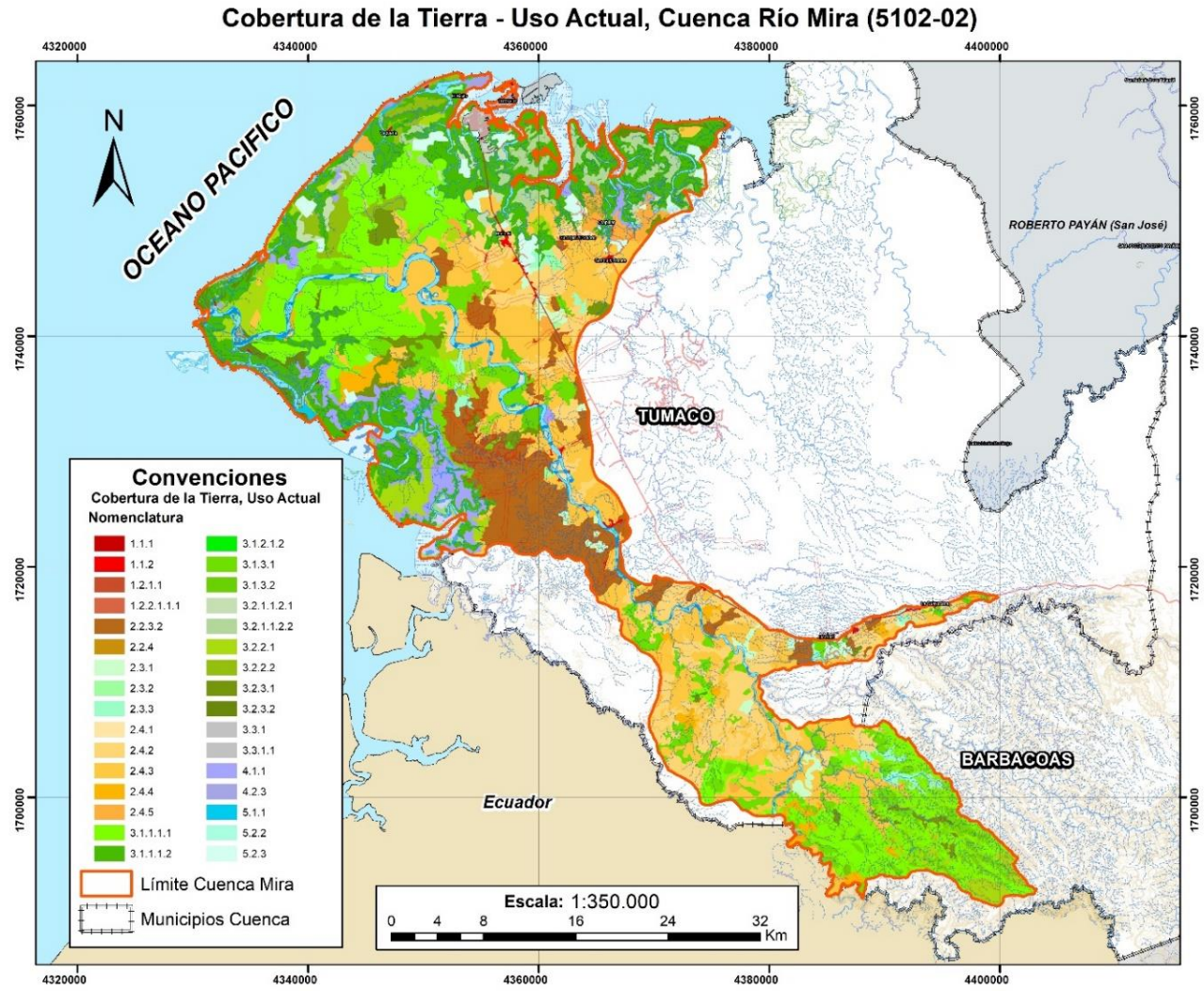


Figura 4. Cobertura de la tierra en la cuenca del río Mira, año 2019 (Convenciones: Nomenclatura) (escala 1:25.000)

3.2 Descripción de las coberturas actuales de la tierra.

3.2.1. Territorios artificializados (1.)

Comprende las áreas de las ciudades y las poblaciones y, aquellas áreas periféricas que están siendo incorporadas a las zonas urbanas mediante un proceso gradual de urbanización o de cambio del uso del suelo hacia fines comerciales, industriales, de servicios y recreativos (IDEAM, 2010).

Se trata de áreas fuertemente intervenidas por la acción del hombre, con áreas mayores de 1 ha, por lo cual han perdido su estructura y funciones ecosistémicas originales. En total suman 1.139,81ha, que representan el 0,75% del área de la cuenca. Se han distinguido las siguientes unidades y tipo de coberturas:

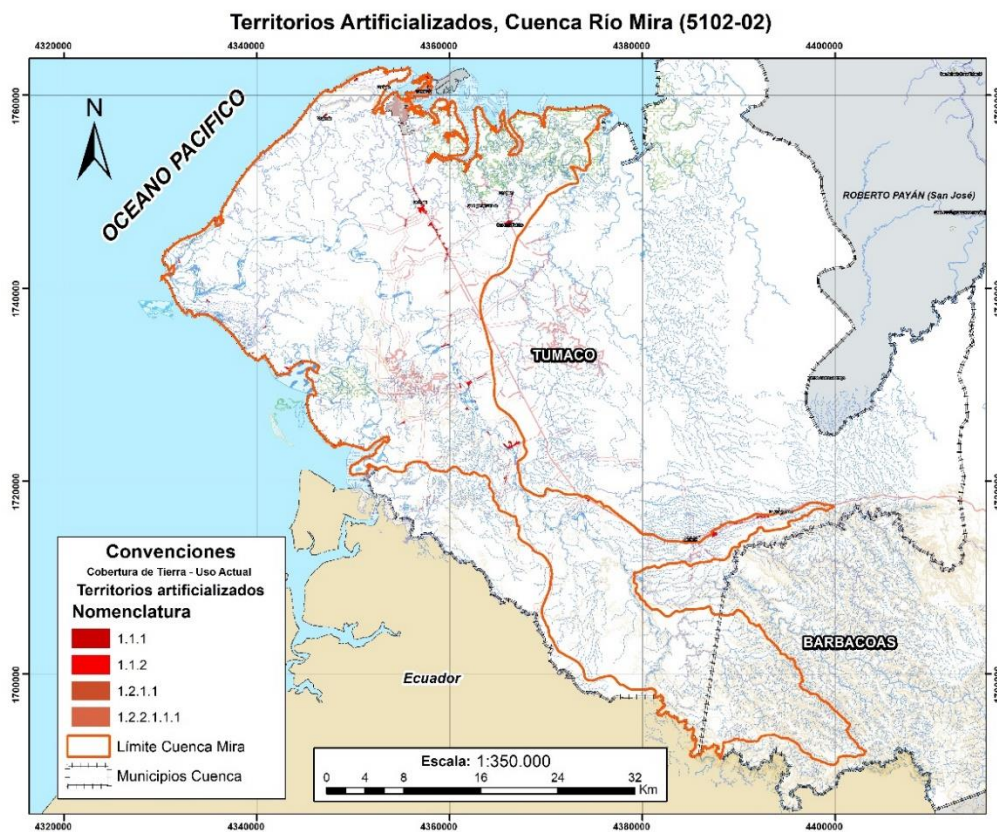


Figura 5. Distribución espacial de los territorios artificializados en la cuenca del río Mira
 Fuente: este estudio.

3.2.1.1 Zonas urbanizadas (1.1.)

Las zonas urbanizadas suman 1.032,04 ha, equivalentes al 0,68% del área de la cuenca, y contemplan:

- **Tejido urbano continuo (1.1.1.):** Se caracteriza por más del 80% del área cubierta por edificaciones, vías, superficies cubiertas artificialmente. En la cuenca, las áreas urbanas continuas más importante es la cabecera municipal de San Andrés de Tumaco, en donde se incluyen las zonas verdes urbanas, comerciales e institucionales urbanas y todas las demás infraestructuras al interior del perímetro urbano. Entre ellas suman 522,27 ha, que representan el 0,34% del área de la cuenca.



Figura 6. Tejido urbano continuo.
Fuente: este estudio.

- **Tejido urbano discontinuo (1.1.2.):** Son espacios conformados por edificaciones y zonas verdes. Las edificaciones, vías e infraestructura construida cubren la superficie del terreno de manera dispersa y discontinua, ya que el resto del área está cubierta por vegetación. Esta unidad puede presentar dificultad para su delimitación cuando otras coberturas de tipo natural y seminatural se mezclan con áreas clasificadas como zonas urbanas (IDEAM, 2010).

Se caracteriza por una urbanización dispersa o discontinua con el resto de área cubierta por vegetación. Dentro de la cuenca se han identificado varias zonas de este tipo, los cuales coloquialmente se conocen como “caseríos”, entre ellos suman 509,76 ha, que representan el 0,34% del área de la cuenca.



Figura 7. Tejido urbano discontinuo
Fuente: este estudio.

3.2.1.2 Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación (1.2.)

Las zonas industriales o comerciales y redes de comunicación suman 107,77 ha, que representan el 0,07% del área de estudio, y comprenden:

- **Zonas industriales o comerciales (1.2.1.):** Se caracterizan por edificaciones, vías y espacios pavimentados o en afirmado destinados a actividades industriales, comerciales o de servicios. Entre las zonas industriales de la cuenca se encontró únicamente los terminales de almacenamiento de petróleo, los cuales se agruparon en la clase de zonas industriales petroleras (1.2.1.1.), con una superficie de 13,65ha, que representa el 0,01% del área de la cuenca.



Figura 8. Zonas industriales petroleras
Fuente: este estudio.

- **Red vial y territorios asociados (1.2.2.):** Abarca las vías de comunicación principales de la cuenca, en este caso, las pavimentadas (1.2.2.1.1.1.) con un ancho mayor a 6 metros y los territorios asociados a estas vías. No incluyen las vías internas que forman parte de áreas o complejos industriales o comerciales. Suman una superficie de 94,12 ha, que representan el 0,06% de la cuenca.



Figura 9. Red vial y territorios asociados
Fuente: este estudio.



Fase de Diagnostico
POMCA Mira

3.2.2. Territorios agrícolas (2.)

Son los terrenos dedicados principalmente a la producción de alimentos, fibras y otras materias primas industriales, ya sea que se encuentren con cultivos, con pastos, en rotación y en descanso o barbecho. Comprende las áreas dedicadas a cultivos permanentes, transitorios, áreas de pastos y las zonas agrícolas heterogéneas, en las cuales también se pueden dar usos pecuarios además de los agrícolas (IDEAM, 2010).

Esta clase de cobertura alcanza 62.034,77 ha, lo que representan el 40,76% del área total de la cuenca. Está conformada por las siguientes subclases y tipos de cobertura:

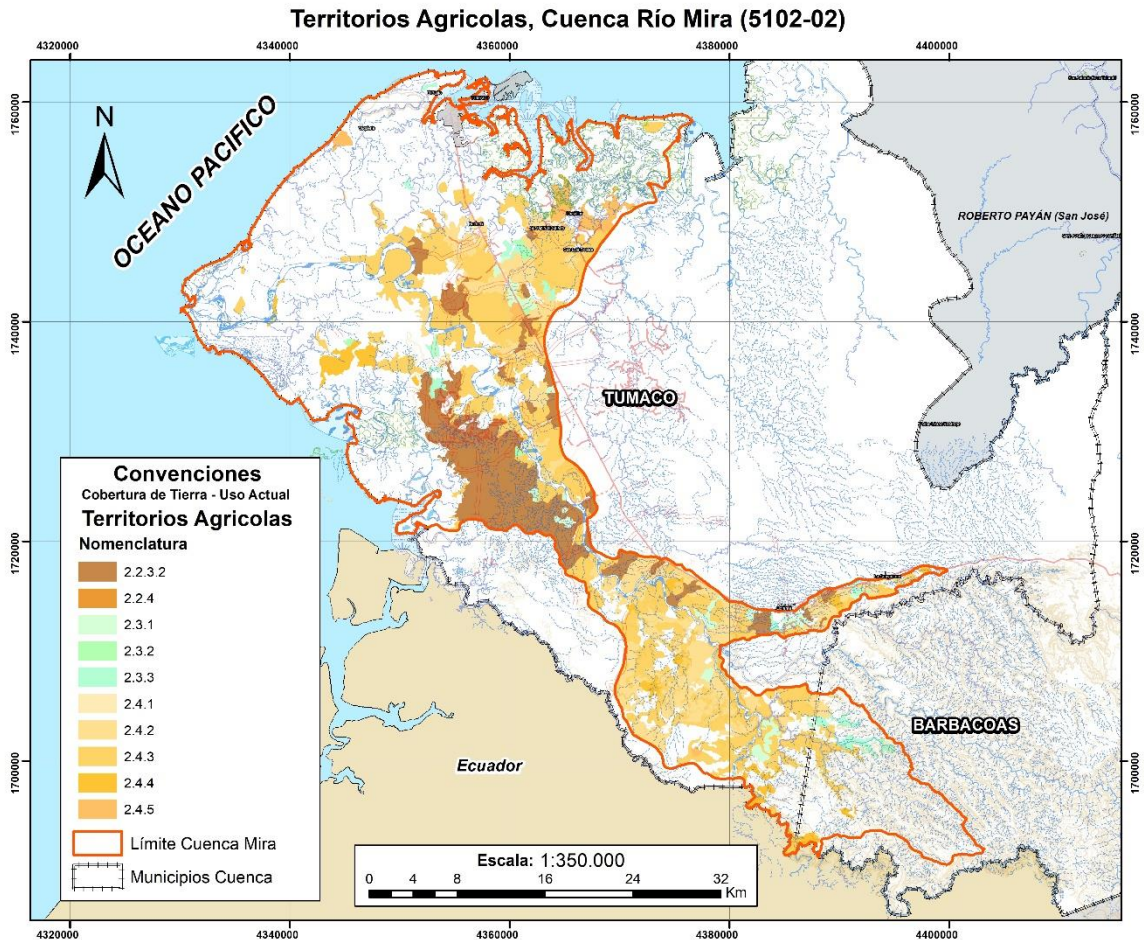


Figura 10. Distribución espacial de los territorios agrícolas en la cuenca del río Mira
 Fuente: este estudio.

3.2.2.1 Cultivos permanentes (2.2.)

Son áreas ocupadas por cultivos cuyo ciclo vegetativo es mayor a un (1) año, produciendo varias cosechas sin necesidad de volverse a plantar, tales como cacao (*T. cacao*), palma de aceite (*E. guineensis*), plátano y banano (*Musa* sp.), chontaduro (*Bactris gasipaes* HBK), zapote (*Pouteria sapota* Jacq.), guayaba (*Psidium guajava* L.), caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), entre otros. Ante lo anterior, se resalta que, en la cuenca del río Mira se observaron algunos cultivos de tipo permanente herbáceo y arbustivos pero, generalmente en forma de policultivos, es decir, diferentes cultivos en la misma superficie y con la

característica de poseer áreas inferiores al área mínima de mapeo (a excepción del cultivo de *E. guineensis*), en especial, en la zona media de la cuenca y parte de la alta, razón por la cual, no se cartografiaron de manera individual, sino que, se agruparon en la categoría de áreas agrícolas heterogéneas. En total, los cultivos permanentes ocupan 12.995,04 ha, equivalentes al 8,54% de la cuenca. Entre los más importantes se tienen:

Cultivos permanentes arbóreos (2.2.3.):

- **Palma de aceite (2.2.3.2.):** poseen un área de 12.969,26 ha equivalente al 8,52% del área total de la cuenca, siendo el monocultivo de mayor predominancia en la zona de estudio, especialmente, en la zona media de la misma, y el tercer productor más grande del país, pero con una reducción de acuerdo a registros anteriores, debido aún a las secuelas de la enfermedad conocida como la Pudrición del cogollo (PC), causada por *Phytophthora palmivora*, además de El Anillo Rojo, que es diseminado por un insecto conocido como picudo (*Rhynchophorus palmarum*), que también puede atacar al chontaduro (*B. gasipaes*).

La palma africana o aceitera es originaria de las costas del golfo de Guinea en África Occidental, fue introducida en el continente americano en el siglo XVI, y más tarde, en 1945, en el departamento de Magdalena por la United Fruit Company (Aguilera, 2002), en Tumaco existen registros desde aproximadamente, 1960.

Es una planta perenne de tronco solitario y hojas pinnadas perteneciente a la familia Arecaceae, que puede alcanzar alturas de hasta 12 m. Generalmente, los tres primeros años del cultivo requieren de un manejo agronómico completo, comenzando a producir frutos a partir del mes treinta y alcanzando su máxima producción entre el octavo y décimo año.

El fruto debe procesarse tan pronto es cosechado, con el fin de evitar el aumento en el contenido de ácidos grasos libres que pueden afectar la calidad del aceite, por lo que se requiere que las plantas extractoras se

ubiquen cerca de las plantaciones (Aguilera, 2002) esta materia prima generalmente, es vendida a multinacionales, que la emplean para la fabricación de biocombustibles, como aditivo en infinidad de productos alimentarios y en sectores como la cosmética, la limpieza y la farmacia. Sin embargo, su cultivo a nivel industrial ha contribuido negativamente en la transformación del paisaje, pérdida de biodiversidad e incremento en la deforestación.



Figura 11. Palma de aceite
Fuente: este estudio.

Cultivos agroforestales (2.2.4.): Son zonas ocupadas por arreglos o combinaciones de cultivos de diferentes especies, con hábitos herbáceos, arbustivos y arbóreos combinadas en la misma área. En ese sentido, se observaron áreas dedicadas a la producción de cacao (*T. cacao*) en asocio con maderables como cedro (*C. odorata*) y tangare (*C. guianensis*), con un área aproximada de 25,78 ha, lo que equivale a un 0,02% del total de la cuenca, la cual se encuentra en la zona baja. Cabe aclarar que, debido al establecimiento bajo el dosel de otros árboles, se prevé que, el área de producción de este cultivo permanente arbustivo puede ser mayor en la zona de estudio, a razón de la dificultad de su clasificación haciendo uso de sensores remotos y al patrón

intrincado de los micro y minifundios, lo que impide su representación individual a la escala utilizada en este diagnóstico.



Figura 12. Cultivos agroforestales
Fuente: este estudio.

3.2.2.2 Pastos (2.3.)

Son zonas cubiertas con hierba densa de composición florística dominada principalmente por especies de la familia Poaceae, dedicadas a pastoreo permanente o por periodos. Una característica de esta cobertura es que en un alto porcentaje su presencia se debe a la acción antrópica, referida especialmente a su plantación, con la introducción de especies no nativas y en el manejo posterior que se le hace, en total se contabilizan cerca de 3.909,63 ha, equivalentes al 2,57% del área de la cuenca.

- **Pastos limpios (2.3.1.):** corresponde a zonas ocupadas por pastos limpios en un porcentaje de cobertura mayor a un 70%, debido a que la serie de prácticas de manejo (limpieza, encalamiento y/o fertilización, entre otros) y el nivel tecnológico utilizados impiden la presencia de otras coberturas. Los tipos de pastura predominantes hacen referencia a las del género *Brachiaria* sp. El área que estos abarcan en la cuenca, corresponde a 2.032,95 ha, es decir, 1,34% de

la extensión total, encontrándose su mayor concentración en la zona media de la misma. En estos predios, generalmente, se evidencia la presencia de ganado vacuno del tipo cebú y criollo.



Figura 13. Pastos limpios.
Fuente: este estudio.

- **Pastos arbolados (2.3.2.):** corresponde a zonas cubiertas con pastos que comprenden áreas de pasturas en los cuales se aprecian de manera dispersa árboles con alturas superiores a 5 m cuya cobertura es comprendida entre el 30% y el 50%. El área de esta cobertura corresponde a 275,91 ha, lo que equivale al 0,18% de la cuenca, adicionalmente, se resalta que la presencia de esta unidad, se concentra en la zona baja de la cuenca, en donde se observan especies de árboles frutales y especies de árboles maderables u ornamentales como, por ejemplo: *Mangifera indica*, *M. paradisiaca*, *C. nucifera*, *Citrus* sp., *Bactris gassipaes*, *C. odorata*, *Pouteria sapota*, *Cordia alliodora*, *Apeiba aspera*, *Zanthoxylum* sp., *Carapa guianensis*, *E. guineensis*, *Ochroma pyramidale*, *Brosimum utile*, *Quercus* sp., *Tabebuia rosea*, *Camphosperma panamensis*, *Otoba gracilipes*, *Symphonia globulifera* y *Vochysia* sp.



Figura 14. Pastos arbolados
Fuente: este estudio.

- **Pastos enmalezados (2.3.3.):** Son zonas ocupadas por pastos afectados por arvenses y/o especies vegetales pioneras debido a las escasas prácticas de manejo o al abandono, conformando rastrojos. En este caso, se observó la presencia de especies vegetales como: *Euphorbia heterophylla* L., *Euphorbia hirta* L. y *Ageratum conyzoides* L. Donde la altura común de este estrato es menor de 1,5 m. En ese sentido, el área de esta cobertura es de 1600,77 ha, lo que equivale al 1,05% de la cuenca, evidenciando mayor concentración de esta unidad en la zona alta del río Mira.



Figura 15. Pastos enmalezados
Fuente: este estudio.

3.2.2.3 Áreas agrícolas heterogéneas (2.4.)

Son unidades que reúnen dos o más clases de coberturas agrícolas y naturales, dispuestas en un patrón intrincado de mosaicos geométricos que hace difícil su separación en coberturas individuales; los arreglos geométricos están relacionados con el tamaño reducido de los predios, las condiciones locales de los suelos, las prácticas de manejo utilizadas y las formas locales de tenencia de la tierra (IDEAM, 2010).

Están conformadas por mezclas de diferentes tipos de cobertura dispuestas en forma tal que no es posible la separación de las mismas a la escala del estudio, debido a la fuerte fragmentación de la propiedad en las áreas de cultivos. Constituyen, por tanto, una de las coberturas más extendidas en la cuenca, en especial en la zona media y baja, y alcanzan una superficie de 45.130,1 ha, que representan el 29,65% de la misma. Abarca las siguientes categorías:

- **Mosaico de cultivos (2.4.1.):** Comprende las tierras ocupadas por cultivos, en los cuales el tamaño de las parcelas es muy pequeño (inferior a 25 ha) el patrón de distribución de los lotes es demasiado intrincado para representarlos cartográficamente de manera individual (IDEAM, 2010).

Son áreas ocupadas por asociaciones de cultivos para consumo local especialmente, de plátano y banano (*Musa* sp.), *T. cacao* y *M. indica* y en algunos casos de *E. guineensis* en un patrón intrincado de parcelas que impide su representación individual a la escala utilizada, incluyendo las infraestructuras asociadas a los cultivos. Suman 153,33 ha, que representan 0,1% del área de la cuenca y que se ubican en la zona baja de la misma.

- **Mosaico de pastos y cultivos (2.4.2.):** Son áreas ocupadas por pastos y cultivos anuales, transitorios o permanentes en un patrón intrincado de parcelas que impide su representación individual a la escala utilizada, incluyendo las

infraestructuras asociadas a los cultivos. Entre los cultivos, muchos son para el autoconsumo e incluyen pequeñas huertas cercanas a las viviendas donde se cultivan diferentes cultivos. Los principales cultivos transitorios es el maíz, aunque poco a poco se ha ido abandonando. Entre los cultivos permanentes se encuentran plátano, banano, cacao, yuca, mango, palma de aceite y chontaduro. Esta unidad alcanza 13.915,08 ha, que representan el 9,14% del área de estudio, localizadas principalmente en la zona media y baja de la cuenca, aunque también cuenta con una presencia considerable en la zona alta.



Figura 16. Mosaico de pastos y cultivos
Fuente: este estudio.

- **Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (2.4.3.):** Son áreas ocupadas por pastos, cultivos anuales, transitorios o permanentes y espacios naturales, distribuidas en un patrón intrincado de parcelas que impide su representación individual a la escala utilizada. Incluye las infraestructuras asociadas a los cultivos. Se han incluido los mosaicos en los cuales los espacios naturales están constituidos por restos de bosque natural, arbustal natural, bosque ripario, pantanos y otras áreas no intervenidas o poco transformadas, y los mosaicos de cultivos y pastos con cercas vivas, de interés desde el punto de vista biótico, debido al potencial para servir corredores biológicos y al igual que,

para advertir procesos de fragmentación territorial. Se caracterizan, por presentar cercas vivas de especies herbáceas, arbustivas o arbóreas, nativas o introducidas, y cuya superficie es de 26.824,38 ha, que representan el 17,63% del área de estudio, de esta manera, se evidencia su presencia en las tres zonas de la cuenca, sin embargo, se observa su avance en inmediaciones a la zona alta de la misma, donde se ubica el bosque denso, por ende, se prevé un proceso de ampliación de la frontera agrícola. Em ese sentido, se resalta su concentración en la zona media y alta de la cuenca.



Figura 17. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales
Fuente: este estudio.

- **Mosaico de pastos con espacios naturales (2.4.4.):** Son zonas ocupadas por pastos y espacios naturales en parcelas distribuidas en un patrón intrincado que impide su representación individual a la escala 1:25.000, incluyendo las infraestructuras asociadas a los pastos. Como en el caso anterior, los espacios naturales son relictos de bosque natural, arbustal natural, bosque ripario, pantanos y otras áreas no intervenidas o poco transformadas. No incluye los pastos arbolados, ni los pastos asociados con frutales sin vegetación natural. Alcanzan una superficie de 2.317,81 ha, lo que equivale al 1,52% del área de estudio y tiene presencia en todas las zonas de la cuenca.

- **Mosaico de cultivos y espacios naturales (2.4.5.):** Son zonas ocupadas por cultivos y espacios naturales en parcelas distribuidas en un patrón intrincado que impide su representación individual a la escala utilizada, incluyendo las infraestructuras asociadas a los cultivos. Como en los casos anteriores, los espacios naturales son relictos de bosque natural, arbustal natural, bosque ripario, pantanos y otras áreas no intervenidas o poco transformadas. No incluye los cultivos de sombrero ni los cultivos asociados a frutales sin vegetación natural. Alcanzan un área de 1.919,5 ha, es decir, el 1,26% de la cuenca y se observa su presencia especialmente, en la zona baja de la misma.



Figura 18. Mosaico de cultivos y espacios naturales
Fuente: este estudio.

3.2.3. Bosques y áreas seminaturales (3.)

Comprende un grupo de coberturas vegetales de tipo boscoso, arbustivo y herbáceo, desarrolladas sobre diferentes sustratos y pisos altitudinales que son el resultado de procesos climáticos; también por aquellos territorios constituidos por suelos desnudos



Fase de Diagnostico
POMCA Mira

y afloramientos rocosos y arenosos, resultantes de la ocurrencia de procesos naturales

o inducidos de degradación. Para la leyenda de coberturas de la tierra de Colombia, en esta categoría se incluyen otras coberturas que son el resultado de un

fuerte manejo antrópico, como son las plantaciones forestales y la vegetación secundaria

o en transición (IDEAM, 2010).

Esta clase es de gran importancia superficial en la cuenca, con un área total de 74.267,26 ha, que representan el 48,8% de la misma. Está conformada por coberturas vegetales de tipo boscoso, arbustivo o herbáceo con poca baja intervención antrópica. Los servicios ecosistémicos que aquí se brindan son invaluable e irremplazables, la regulación climática, la regulación hídrica, la regulación del carbono, la biomasa y su biodiversidad, la convierten en una cobertura de vital importancia para la región.

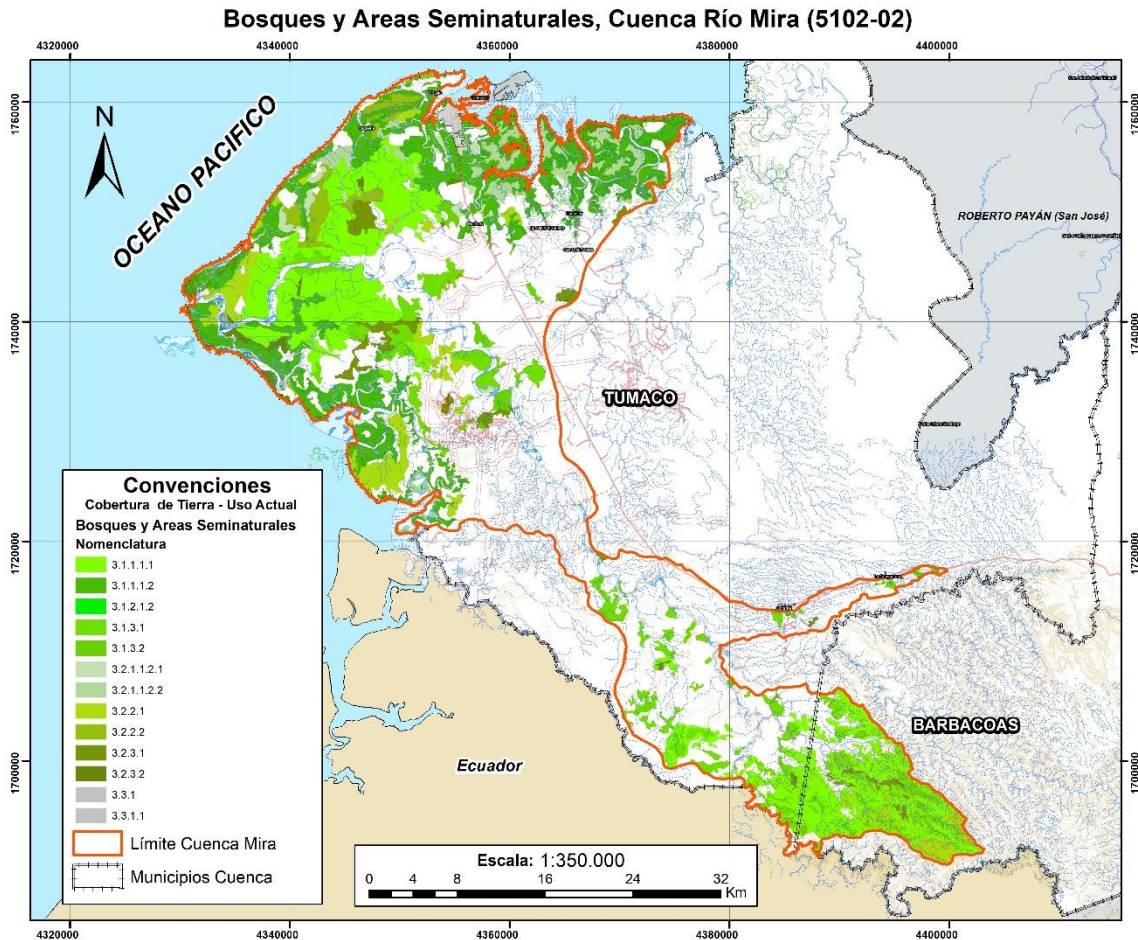


Figura 19. Distribución espacial de los bosques y áreas seminaturales en la cuenca del río Mira
 Fuente: este estudio.

Bosques (3.1): corresponden a áreas naturales o semi-naturales, constituidas principalmente por elementos arbóreos de especies nativas o exóticas. En ese sentido, los árboles se definen como plantas leñosas perennes con un solo tronco principal o en algunos casos con varios tallos, que tiene una copa más o menos definida y una altura superior a 5m. Dentro de esta categoría, los bosques alcanzan una superficie de 57.247,13 ha, que representan el 37,62% de la cuenca. En el presente estudio se han distinguido las siguientes categorías:

- **Bosque denso alto de tierra firme (3.1.1.1.1):** son lugares con vegetación de tipo arbóreo caracterizada por un estrato más o menos continuo cuya área

de cobertura arbórea representa más del 70% del área total de la unidad, con altura del dosel superior a 15 metros y que se encuentra localizada en zonas que no presentan procesos de inundación periódicos. La superficie de esta cobertura abarca un total de 24.574,1 ha lo que equivale al 16,15% del área de estudio, se resalta que su presencia se concentra en la zona alta y baja de la cuenca. Por ello, se prevé que en estas áreas se encuentra la mayor diversidad biológica y que, esta amplia diversidad junto con las complejas interacciones entre sus componentes contribuyen a la provisión de múltiples servicios ecosistémicos, entre ellos: regulación hídrica, la fertilidad del suelo, control de la erosión, resiliencia al cambio climático, ciclaje de nutrientes, polinización, hábitat para la fauna, entre otros (Myers *et al.* 2000; Amacher *et al.* 2014; Portillo y Sánchez, 2010; Trejo, 2000).



Figura 20. Bosque denso alto de tierra firme
Fuente: este estudio.

- **Bosque denso alto inundable (3.1.1.1.2.):** Corresponde a las áreas con vegetación de tipo arbóreo caracterizada por un estrato más o menos continuo cuya área de cobertura arbórea representa más de 70% del área total de la unidad, con altura del dosel superior a 15 metros y que se encuentra localizada en las franjas adyacentes a los cuerpos de agua (lóticos), las cuales corresponden principalmente a las vegas de divagación

y llanuras de desborde con procesos de inundación periódicos con una duración mayor a dos meses. La vegetación predominante en esta cobertura corresponde a lo que se conoce como manglar, especialmente las especies: mangle nato (*Mora oleifera*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y mangle jeli (*Conocarpus erectus*), los cuales prevén de una variedad importante de servicios. Cabe resaltar que, en un gran porcentaje de esta unidad, se evidencia discontinuidad y pérdida de funcionalidad, debido a la intervención por parte de las actividades antrópicas como la agricultura y la acuicultura marina. Se observa que su distribución se concentra en la zona baja de la cuenca, a través de franjas estrechas en las orillas de los cuerpos de agua, en donde, en total, se obtuvo un área de 21.761,32 ha, lo que corresponde al 14,3% de la cuenca.



Figura 21. Bosque denso alto inundable
Fuente: este estudio.

- **Bosque abierto alto inundable (3.1.2.1.2.):** esta unidad corresponde a una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbóreos regularmente distribuidos, los cuales forman un estrato de copas (dosel) discontinuo, con altura del dosel superior a 15 metros, cuya área de cobertura arbórea representa entre 30% y 70% del área total de la unidad y que se encuentra localizada en las franjas adyacentes a los cuerpos de agua

(lóticos), las cuales corresponden principalmente a las vegas de divagación y llanuras de desborde con procesos de inundación periódicos con una duración de más de dos meses. El área de esta unidad fue de 15,11 ha, es decir el 0,01% del área de estudio.



Figura 22. Bosque abierto alto inundable
Fuente: este estudio.

- **Bosque fragmentado con pastos y cultivos (3.1.3.1.):** Comprende los territorios cubiertos por bosques naturales con intervención humana que mantienen su estructura original. 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, las cuales pueden representar entre el 5% y el 30% del área de la unidad de bosque natural. Estas áreas, generalmente presentan en las zonas disturbadas un predominio de potreros con pastos y se registran lotes de cultivos dispersos, entremezclados con parches de bosques secundarios y rastrojos. En total, se evidenciaron 10.067,88 ha, lo que equivale a un 6,62% de la cuenca, encontrando una concentración de esta unidad especialmente, en la zona alta del río Mira.



Figura 23. Bosque fragmentado con pastos y cultivos
Fuente: este estudio.

- **Bosque fragmentado con vegetación secundaria (3.1.3.2.):** Comprende los territorios cubiertos por bosques naturales con evidencia de intervención humana, aunque 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 antrópicas 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. Los parches de intervención representan entre el 5% y el 50% del total de la unidad. La extensión total de esta unidad corresponde a 828.71 ha, es decir, un 0,54% del área de estudio distribuidos en las tres zonas de la cuenca, pero con mayor extensión en la zona media.

3.2.3.1. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva (3.2.): Esta clase es una de las más importantes de la cuenca, con 16.955,69 ha, que representan el 11,14% del área de estudio. Comprende las áreas cubiertas por vegetación natural herbácea y arbustiva, entre ellas las siguientes:

- **Herbazal denso inundable no arbolado (3.2.1.1.2.1.):** Son áreas cubiertas por un estrato herbáceo, sólo o con presencia de árboles o arbustos aislados,

generalmente, 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 (4-8 meses al año en la temporada de lluvias) pueden estar cubiertos por una lámina de agua. Puede presentar algunos elementos arbóreos en forma de parches y áreas con comunidades de palmas o 'morichales', dispersos, que en ningún caso superan el 2%, y que pueden estar rodeados de áreas de bosques riparios. Bajo esta cobertura, se contabilizó un total de 1100,79 ha, lo que equivale al 0,72% de la extensión total de la cuenca, concentrándose en la zona baja de la misma.



Figura 24. Herbazal denso inundable no arbolado
Fuente: este estudio.

- **Herbazal denso inundable arbolado (3.2.1.1.2.2.):** Corresponde a superficies dominadas por vegetación natural herbácea con presencia de elementos arbóreos y/o arbustivos dispersos que ocupan de 2% a 30% del área total de la unidad, en suelos que permanecen inundados o encharcados la mayor parte del año. El área total de esta cobertura es de 3.338,43 ha, lo que corresponde al 2,19% de la cuenca, ubicándose únicamente en la zona baja de esta.



Figura 25. Herbazal denso inundable arbolado
Fuente: este estudio.

- **Arbustal denso (3.2.2.1.):** esta es una cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbustivos, los cuales forman un dosel irregular, el cual representa más de 70% del área total de la unidad, cabe resaltar que, puede contener elementos arbóreos dispersos y que la formación vegetal no ha sido intervenida o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y sus características funcionales (IGAC, 1999). La extensión de esta cobertura es de 6.078,25 ha, es decir, el 3,99% del área de la cuenca, ubicándose esta unidad principalmente, en la zona baja y alta bajo estudio.



Figura 26. Arbustal denso
Fuente: este estudio.

- **Arbustal abierto (3.2.2.2.):** Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos arbustivos regularmente distribuidos, los cuales forman un estrato de copas (dosel) discontinuo y cuya cubierta representa entre 30% y 70% del área total de la unidad. Generalmente, estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y las características funcionales. El área total de esta cobertura es de 2.180,53 ha, lo que corresponde al 1,43% de la cuenca, en donde se resalta que, esta unidad únicamente, se encuentra en la zona baja de la misma.
- **Vegetación secundaria alta (3.2.3.1.):** Son aquellas áreas cubiertas por vegetación principalmente arbórea con dosel irregular y presencia ocasional de arbustos, palmas y enredaderas, que corresponde a los estadios intermedios de la sucesión vegetal, después de presentarse un proceso de deforestación de los bosques o aforestación de los pastizales. Se desarrolla luego de varios años de la intervención original, generalmente después de la etapa secundaria baja. Según el tiempo transcurrido se podrán encontrar comunidades de árboles formadas por una sola especie o por varias. Esta cobertura se caracteriza por la presencia de árboles con un promedio de

dosel mayor a los 5 metros de altura, aunque cabe resaltar que, las alturas entre los individuos varían, debido a que se encuentra en un estado de sucesión intermedio. Anteriormente, en estas áreas se desarrollaban principalmente actividades de ganadería extensiva, cultivos permanentes arbustivos y cultivos permanentes arbóreos, en donde por diversas razones la vegetación se pudo volver a regenerar. Esta unidad, se encuentra localizada especialmente, en la zona media y alta de la cuenca y cuneta con un área total de 2.719,26 ha, lo que equivale al 1,79% de la extensión de la cuenca.

- **Vegetación secundaria baja (3.2.3.1.):** Esta cobertura se caracteriza por la presencia de arbustos que no supera un dosel de 5 metros, se encuentran en estadios primarios de sucesión, copas irregulares e individuos de poca longevidad, permitiendo una colonización mientras se desarrolla una vegetación con un dosel superior. Cabe resaltar que, la presencia de esta cobertura se debe a la degradación de los ecosistemas de bosque, con ello, después de unos años, deja como consecuencia la presencia de estados sucesionales tempranos, que presentan una menor diversidad de especies, lo que repercute en una baja provisión de servicios ecosistémicos, en ese sentido, se puede afirmar que estos “bosques” degradados proveen menos bienes y servicios ecosistémicos ya que contienen diversidad biológica más limitada (International Tropical Timber Organization, 2002). Sin embargo, estas zonas sugieren una recuperación de elementos florísticos nativos de la zona, especialmente, en la zona baja de la cuenca. En total bajo esta unidad, se cartografiaron 1.538,44 ha, es decir, el 1,01% del área de estudio.

3.2.3.2. Áreas abiertas, sin o con poca vegetación (3.3.):

Comprende aquellos territorios en los cuales la cobertura vegetal no existe o es escasa, compuesta principalmente por suelos desnudos y quemados, así como por coberturas arenosas y afloramientos rocosos, algunos de los cuales pueden estar cubiertos por hielo y nieve (IDEAM, 2010).

Dado que la cuenca presenta un clima húmedo a subhúmedo, las áreas desprovistas de vegetación son pocas. En total, suman 64,45 ha, que representan el 0,04% del área de estudio. Entre ellas se ha distinguido solo una categoría:

- **Zonas arenosas naturales (3.3.1.):** Son terrenos bajos y planos constituidos principalmente por suelos arenosos y pedregosos, por lo general desprovistos de vegetación o cubiertos por una vegetación de arbustal ralo y bajo. Se encuentran conformando playas de ríos, bancos de arena de los ríos y campos de dunas. También se incluyen las superficies conformadas por terrenos cubiertos por arenas, limos o guijarros ubicados en zonas planas de los ambientes continentales, que actualmente no están asociadas con la actividad de los ríos o el viento. Son áreas cuya superficie está cubierta por arenales, donde, por las condiciones climáticas, la vegetación no las ha colonizado, estas se ubican, en el cauce principal del río Mira, especialmente, en su zona media. Cubren en total, 55,44 ha, que representan el 0,04% del área de estudio.
- **Playas (3.3.1.1.):** Son terrenos bajos y planos constituidos principalmente por suelos arenosos y pedregosos, por lo general desprovistos de vegetación o cubiertos por una vegetación de arbustal ralo y bajo, se ubican en la zona de transición e interacción entre el ambiente terrestre y el ambiente marino. En esta zona operan los procesos costeros o tienen una gran influencia. El área total de esta unidad es de 9,01 ha, equivalente, al 0,01% del área de la cuenca.

3.2.4. Áreas húmedas

Comprende aquellas coberturas constituidas por terrenos anegadizos, que pueden ser temporalmente inundados y estar parcialmente cubiertos por vegetación acuática, localizados en los bordes marinos y al interior del continente (IDEAM, 2010).

Está constituida por terrenos pantanosos o temporalmente inundables, que pueden presentar parcialmente coberturas vegetales hidrófilas. Estas áreas alcanzan 4.958,06 ha, que representan el 3,26% del área de estudio. Se ha distinguido las siguientes categorías:

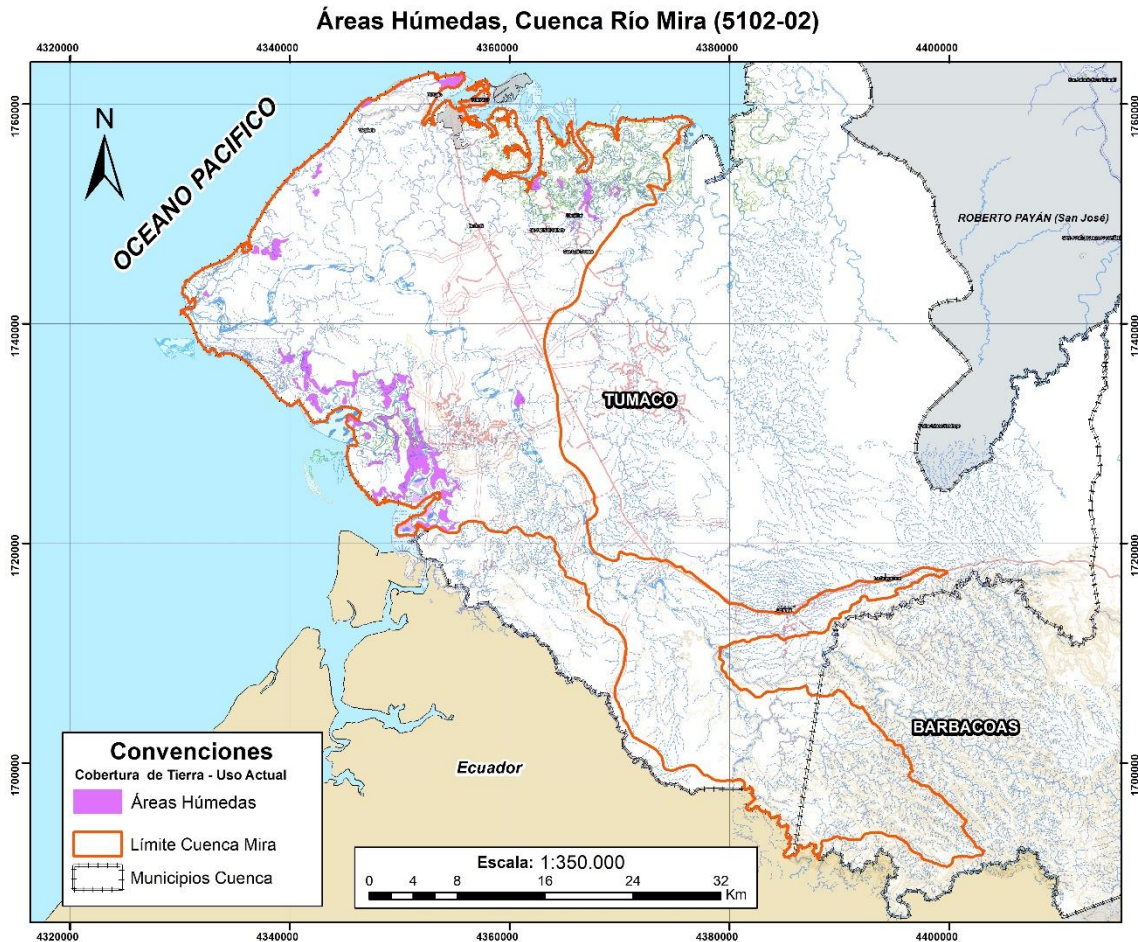


Figura 27. Distribución espacial de las áreas húmedas en la cuenca del río Mira

Fuente: este estudio.

3.2.4.1 Áreas húmedas continentales (4.1.)

Comprende las áreas pantanosas o inundables de la cuenca, caracterizadas por un nivel freático a nivel del suelo en forma temporal o permanente. Incluye un solo tipo, a saber:

- **Zonas pantanosas (4.1.1.).** Son áreas caracterizadas por tierras bajas, temporalmente inundables o encharcables, que corresponden por lo general a vegas próximas a los cauces y depresiones, donde la capa freática aflora estacional o permanentemente. Incluye pantanos colindantes con lagunas, pantanos de transición con vegetación hidrófila (juncos, cortaderas, canas y algunos árboles). De estas zonas, se resalta su importancia para la mitigación del cambio climático, debido a que actúan como “esponjas”, al absorber y retener el dióxido de carbono, uno de los principales gases de efecto invernadero, sin embargo, se resalta que estas zonas son muy susceptibles a sufrir cambios drásticos debido a este fenómeno, especialmente por eventos de evaporación del agua almacenada. En la cuenca esta unidad abarca 4.378,86 ha (2,88%), concentrándose en la zona baja de la misma.

3.2.4.2 Áreas húmedas costeras (4.2.)

En este caso, corresponde a áreas que presentan procesos de inundación relacionados con la marea, en donde se distingue la siguiente unidad:

- **Sedimentos expuestos en bajamar (4.2.3.):** corresponde a las áreas constituidas por planicies litorales mareales que quedan descubiertas de agua durante los períodos de bajamar. Están compuestos por depósitos de lodo y cieno principalmente, pero también incluyen los bordes litorales compuestos por acumulaciones de arena y rocas. Estas superficies se caracterizan por estar desprovistas de vegetación o, en muy raras ocasiones, pueden presentar el desarrollo de pequeños parches de herbáceas. Esta unidad se ubica en la zona



Fase de Diagnostico
POMCA Mira

baja de la cuenca y representa un total de 579,2 ha, lo que equivale al 0,38% del área de estudio.

3.2.5. Superficies de agua (5.)

Está conformada por cursos y cuerpos de aguas permanentes, intermitentes y estacionales, naturales o artificiales localizados en el interior del continente y los que bordean o se encuentran adyacentes a la línea de costa continental, como los mares¹. Suman 9.789,33 ha, que representan el 6,43% del área de la cuenca. Se ha distinguido la siguiente categoría:

3.2.5.1. Aguas continentales (5.1.)

Se encuentran constituidas por los depósitos de agua naturales o artificiales de agua dulce, permanentes, intermitentes y estacionales, así como los cuerpos de agua corriente, como ríos y canales. Se cartografió el siguiente tipo:

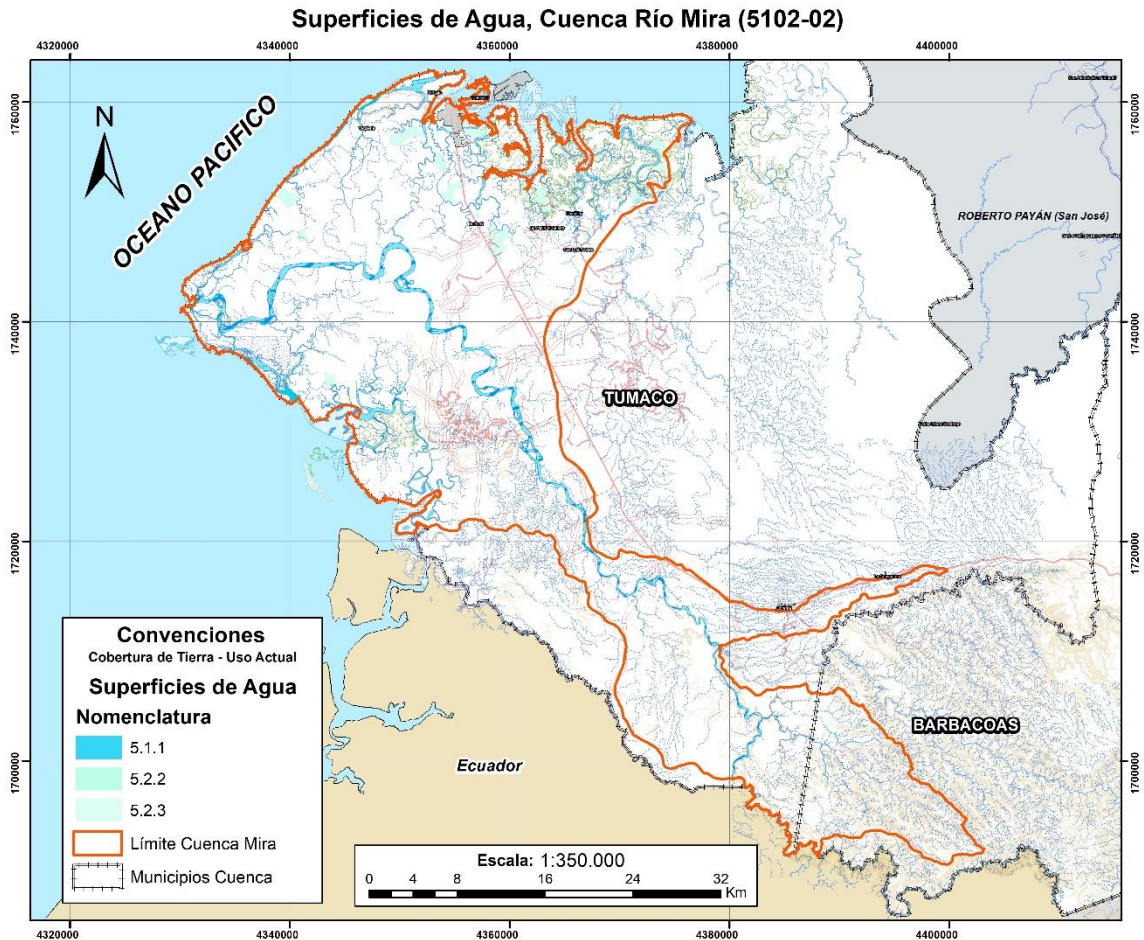


Figura 28. Distribución espacial de las superficies de agua en la cuenca del río Mira
 Fuente: este estudio.

- **Ríos (5.1.1.):** Son corrientes naturales de agua de caudal continuo, que desembocan en otro río, con un ancho mínimo cartografiable de 6 metros. No incluye cuerpos o cursos artificiales, ríos canalizados ni cuerpos de agua conectados a cursos de agua localizadas sobre el curso o canal fluvial. En total, suman 7.308,05 ha (4,8%) y se concentran especialmente, en la zona baja de la cuenca.



Figura 29. Río Mira
Fuente: este estudio.

3.2.5.2. Aguas marítimas (5.2.)

Esta cobertura comprende los cuerpos de agua natural salada y salobre asociada con mares u océanos que bordean el litoral. Se encontraron los dos siguientes tipos:

- **Mares y océanos (5.2.2.):** Comprende los cuerpos de agua salada que bordean la zona litoral y que se extienden a partir de la línea de costa en período de bajamar. En total esta cobertura se extiende por alrededor de 121,41 ha, lo que equivale a cerca del 0,080% del área de estudio, ubicándose únicamente, en la zona baja de la cuenca.
- **Estanques para acuicultura marina (5.2.3.):** estos corresponden a cuerpos de agua artificial destinados a la cría de crustáceos y peces, en este caso la producción de camarón blanco (*Penaeus vannamei*), la cual, es una actividad de gran importancia económica para el municipio de Tumaco. Estos se ubican únicamente, en la zona baja de la cuenca, cerca al océano pacífico y ocupan un área de 2.359,87 ha, es decir, el 1,55% de la cuenca.



Figura 30. Estanques para acuicultura marina
 Fuente: este estudio.

3.3. Descripción de los usos actuales

Para la elaboración del mapa de uso actual del suelo de la cuenca del río Mira, se partió del mapa de cobertura vegetal al cual, se aplicaron las equivalencias contenidas en la Tabla 6, que es el resultado de una adaptación de los usos establecidos en la tabla denominada “Clases por capacidad de uso de los suelos” que se presenta en el Anexo A de la Guía de formulación de POMCAS (2014), en este caso particular, se agregaron algunos usos, como por ejemplo, el residencial e infraestructura y transporte, debido a que estos, no se presentan en la guía, sin embargo, la información obtenida en este estudio, permite su definición y análisis. En la Figura 31 y la Tabla 7 se presenta el uso actual del suelo en la cuenca del río Mira.

Tabla 11. Criterios de decisión para el mapa de uso actual del suelo de la cuenca del río Mira

Cod.	Leyenda	Uso actual	Grupo uso
1.1.1.	Tejido urbano continuo	Residencial	Infraestructura
1.1.2.	Tejido urbano discontinuo	Residencial	Infraestructura
1.2.1.1.	Zonas industriales petroleras	Industrial	Infraestructura
1.2.2.1.1.1.	Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	Infraestructura y transporte	Infraestructura

2.2.3.2.	Palma de aceite	Cultivos permanentes intensivos	Agricultura
2.2.4.	Cultivos agroforestales	Sistemas agrosilvícolas	Agrosilvícola
2.3.1.	Pastos limpios	Pastoreo intensivo	Ganadería
2.3.2.	Pastos arbolados	Pastoreo semi intensivo	Ganadería
2.3.3.	Pastos enmalezados	Pastoreo extensivo	Ganadería
2.4.1.	Mosaico de cultivos	Cultivos transitorios intensivos	Agricultura
2.4.2.	Mosaico de pastos y cultivos	Cultivos transitorios ext. con pastoreo ext.	Agropecuario
2.4.3.	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	Sistemas agrosilvopastoriles	Agrosilvopastoril
2.4.4.	Mosaico de pastos con espacios naturales	Sistemas silvopastoriles	Silvopastoril
2.4.5.	Mosaico de cultivos y espacios naturales	Sistemas agrosilvícolas	Agrosilvícola
3.1.1.1.1.	Bosque denso alto de tierra firme	Sistemas forestales protectores	Conservación
3.1.1.1.2.	Bosque denso alto inundable	Sistemas forestales protectores	Conservación
3.1.2.1.2.	Bosque abierto alto inundable	Sistemas forestales protectores	Conservación
3.1.3.1.	Bosque fragmentado con pastos y cultivos	Sistemas forestales protectores	Conservación
3.1.3.2.	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	Sistemas forestales protectores	Conservación
3.2.1.1.2.1.	Herbazal denso inundable no arbolado	Áreas conservación y/o para recuperación	Conservación
3.2.1.1.2.2.	Herbazal denso inundable arbolado	Áreas conservación y/o para recuperación	Conservación
3.2.2.1.	Arbustal denso	Sistemas forestales protectores	Conservación
3.2.2.2.	Arbustal abierto	Sistemas forestales protectores	Conservación
3.2.3.1.	Vegetación secundaria alta	Sistemas forestales protectores	Conservación
3.2.3.2.	Vegetación secundaria baja	Sistemas forestales protectores	Conservación
3.3.1.	Zonas arenosas naturales	Sin uso	Sin uso
3.3.1.1.	Playas	Recreacional, deportivo o turístico	Otros usos
4.1.1.	Zonas pantanosas	Áreas conservación y/o para recuperación	Conservación
4.2.3.	Sedimentos expuestos en bajamar	Sin uso	Sin uso
5.1.1.	Ríos	Cuerpos de agua naturales	Cuerpos de agua naturales
5.2.2.	Mares y océanos	Cuerpos de agua naturales	Cuerpos de agua naturales
5.2.3.	Estanques para acuicultura marina	Cuerpos de agua artificiales	Cuerpos de agua artificiales

Fuente: este estudio.

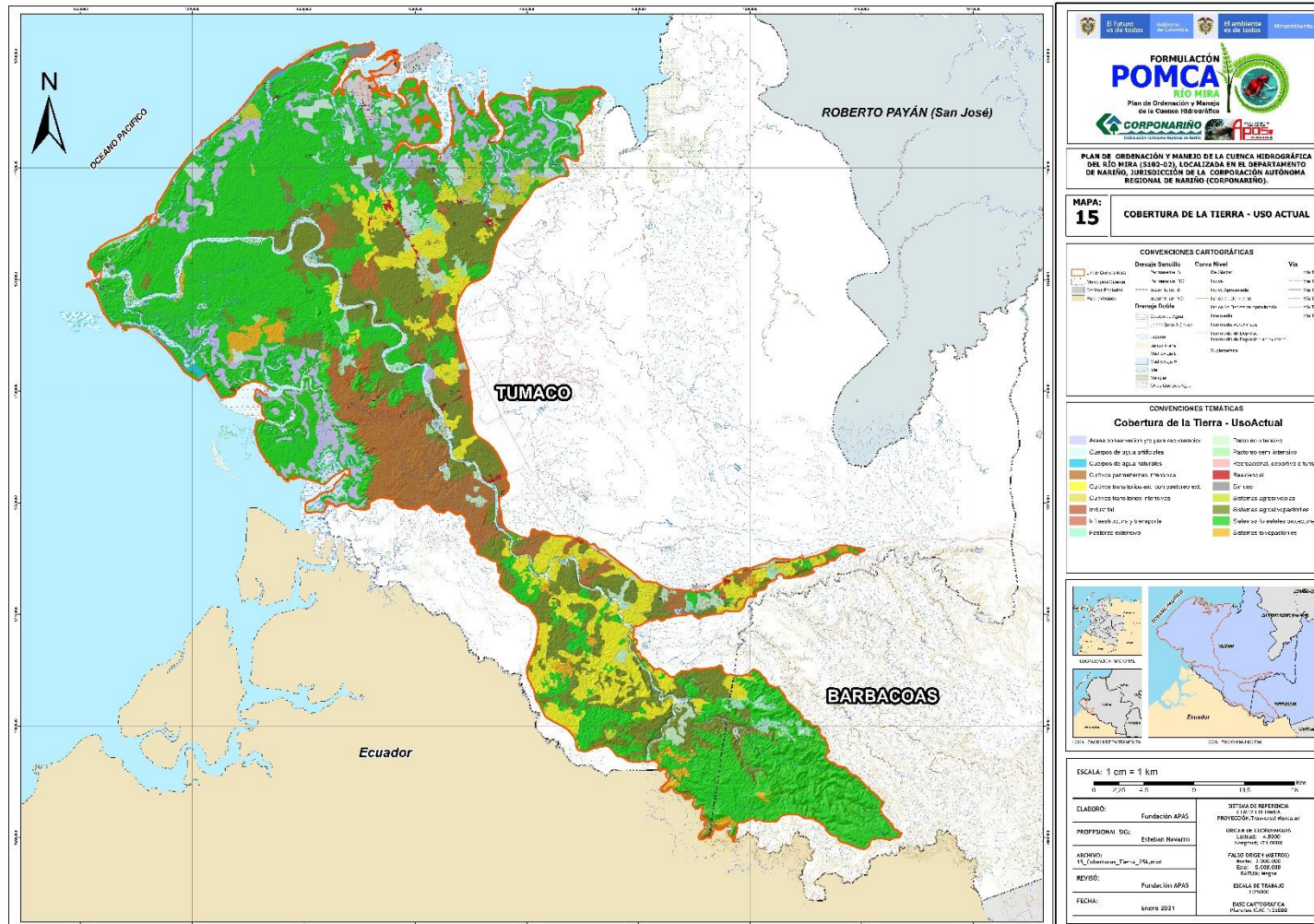


Figura 31. Mapa de uso actual de la tierra en la cuenca del río Mira.
Fuente: este estudio

Tabla 12. Resumen de áreas de uso actual del suelo para la cuenca del río Mira

Uso actual	Grupo uso	Área (ha)	Área (%)
Áreas conservación y/o para recuperación (CRE)	Conservación	8818.07	5.79
Cuerpos de agua artificiales	Cuerpos de agua artificiales	2359.87	1.55
Cuerpos de agua naturales	Cuerpos de agua naturales	7429.46	4.88
Cultivos permanentes intensivos (CPI)	Agricultura	12969.26	8.52
Cultivos transitorios extensivos con pastoreo (CTE)	Agropecuario	13915.08	9.14
Cultivos transitorios intensivos (CTI)	Agricultura	153.33	0.10
Industrial	Infraestructura	13.65	0.01
Infraestructura y transporte	Infraestructura	94.12	0.06
Pastoreo extensivo (PEX)	Ganadería	1600.77	1.05
Pastoreo intensivo (PI)	Ganadería	2032.95	1.34
Pastoreo semi intensivo (PSI)	Ganadería	275.91	0.18
Recreacional, deportivo o turístico	Otros usos	9.01	0.01
Residencial	Infraestructura	1032.04	0.68
Sin uso	Sin uso	634.64	0.42
Sistemas agrosilvícolas (AGS)	Agrosilvícola	1945.28	1.28
Sistemas agrosilvopastoriles (ASP)	Agrosilvopastoril	26824.38	17.63
Sistemas forestales protectores (FPR)	Conservación	69763.60	45.84
Sistemas silvopastoriles (SPA)	Silvopastoril	2317.81	1.52
Total		152189.2	100

Fuente: este estudio.

Se observa que, a nivel de toda la cuenca, el uso individual actual más importante es el de sistemas forestales protectores (FPR) (45,84%) el cual se concentra en la zona alta y baja, seguido de sistemas agrosilvopastoriles (ASP) (17,63%) y los cultivos transitorios extensivos con pastoreo extensivo (9,14%). No obstante, tomando en cuenta, los grupos de usos, el más extendido es el de conservación con el 51,63%, lo que corresponde a 78.581,67 ha, seguido por el agrosilvopastoril con el 17,63%, el agropecuario con el 9,14% y la agricultura con el 8,62%. En total, el grupo de uso agricultura, agropecuario y ganadería suman 30.947,30 ha, lo que equivale al 20,33% del área de la cuenca. En ese sentido, los grupos de uso basados en sistemas agroforestales como, el silvopastoril, el agrosilvopastoril y agrosilvícola, suman 31.087,48 ha, lo que corresponde al 20,42% del área bajo



estudio. A partir de ello, se puede inferir que, por parte de las actividades productivas relacionadas con la agricultura y ganadería con el tiempo, se ha transformado, un total de 59.899,46 ha del paisaje natural, lo que equivale al 39,66% el área de la cuenca del río Mira, lo cual se observa, principalmente en la zona media y baja de la misma. Finalmente, se resalta que, sumando los cuerpos de agua naturales y artificiales, suman 9.789,33 (6,43%), y entre los demás usos, ostentan 1.783,45 ha, es decir, el 1,17% del área de la cuenca, donde destaca el uso residencial con 1.032,04 ha (0,68%).

De lo anterior, se infiere que, este Plan de manejo y ordenamiento debe propender en el cuidado y preservación del grupo de uso de conservación, en el cual, se incluyen las áreas conservación y/o para recuperación (CRE) y los sistemas forestales protectores (FPR), que representan en total el 51,63% del área de la cuenca, bajo esta condicionante, las áreas de conservación y/o recuperación, pueden ser aprovechadas en programas de restauración ecológica, las cuales se concentran en la zona baja de la cuenca del río Mira. Adicionalmente, este POMCA, debe velar, por la desintensificación de la agricultura y la aplicación de buenas prácticas agrícolas, especialmente en las zonas que se encuentran bajo cultivos y pastoreo intensivos, promoviendo el uso y adopción de sistemas agroforestales y técnicas de menor impacto y contaminación, especialmente, en la zona media y baja de la cuenca.

3.4. Análisis multitemporal

Se realizó un análisis multitemporal de coberturas mediante la comparación de la información cartográfica disponible para el año 2005 y la cobertura del año 2019; para el año 2005, se utilizó la cartografía oficial del IDEAM y se ajustó y homologó de acuerdo a la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia y el perímetro oficial de la zona de estudio; para el año 2019, se procedió a generalizar la cobertura obtenida a escala 1:25.000 para ser llevada a escala 1:100.000, en este caso, se conservaron los detalles de los territorios artificializados, debido a la alta



influencia que estos pueden generar dentro del estado de las demás unidades. Bajo estas premisas, en la siguiente figura, se muestran las diferentes coberturas de tierra y sus áreas presentes en la cuenca para el periodo de análisis.

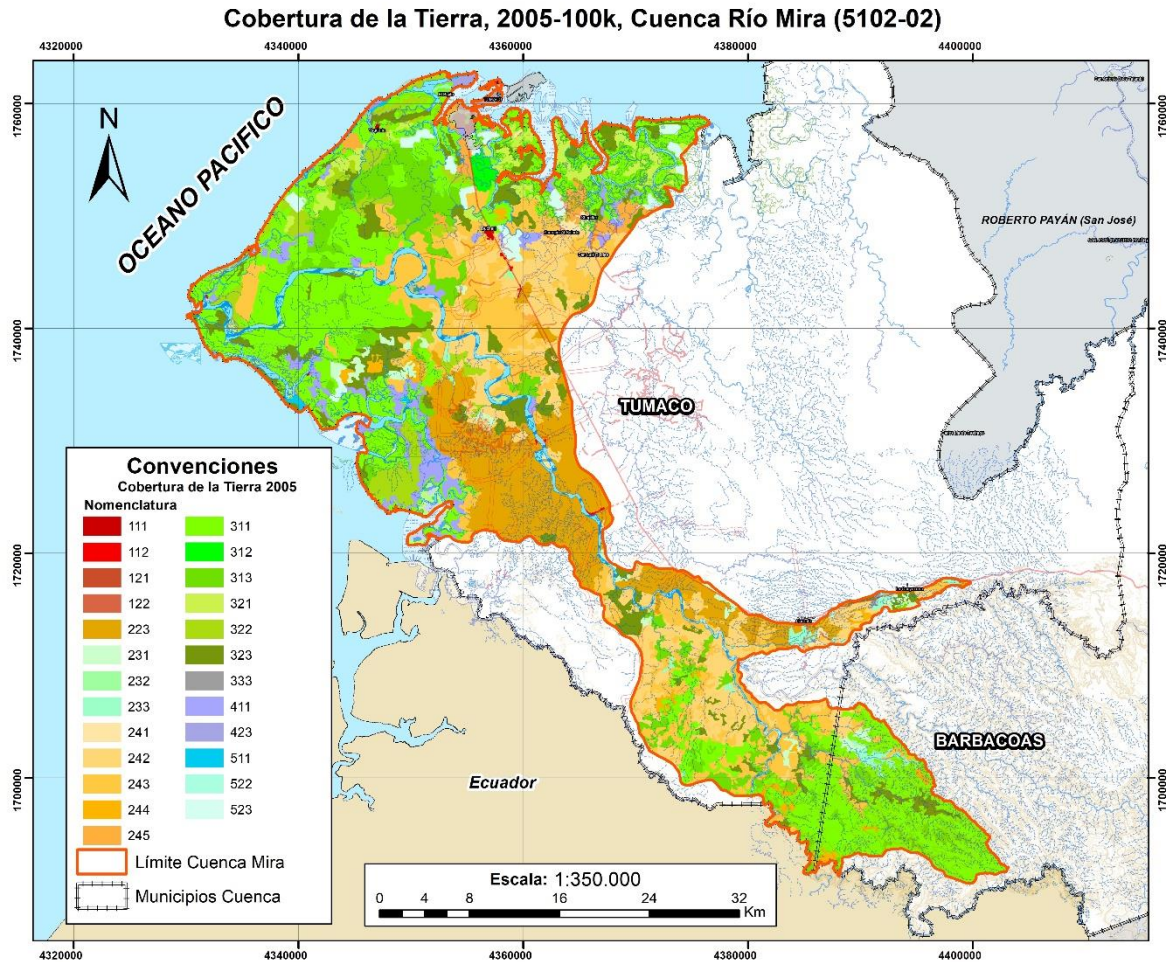


Figura 32. Cobertura de la tierra en la cuenca del río Mira para el año 2005 (escala 1:100.000)
Fuente: este estudio.

De forma general, se puede concluir que, en el año 2005 las coberturas que mayor área ocupaban corresponden a los bosques y áreas seminaturales con 75.603,46 ha (49,68%), de la cual, los bosques densos eran los más importantes con 44.617,71 ha (29,32%), adicionalmente, se debe resaltar la amplia distribución de los bosques fragmentados con 11056,56 ha lo que representaba el 7,27% del área de estudio; en segundo lugar, se ubican los territorios agrícolas con 61.831,3 ha lo que corresponde al 40,63% del área total de la cuenca, dentro de esta unidad, el mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales era el más representativo con 20.398,99 ha (13,40%), seguido de este, los cultivos permanentes arbóreos se

encontraban albergando un área de 17.534,71 ha lo que corresponde al 11,52% de la cuenca. En tercer lugar, se ubicaban las superficies de agua que ocupaban 8.980,04 ha (5,90%), en donde los ríos fueron los de mayor representatividad con 6.658,427 ha (4,37%) y los estanques para acuicultura marina con 2.265,26 ha (1,49%), lo cual permite inferir la relevancia de esta actividad económica en la zona. Por último, las áreas húmedas y los territorios artificializados, ocupaban la menor área dentro de la zona de estudio con 4.995,52 ha (3,28%) y 778,92 ha (0,51%), respectivamente.

Teniendo en cuenta esta información, se puede concluir que la cuenca en el año de 2005, ya presentaba una significativa pérdida de las coberturas naturales, que fueron reemplazadas principalmente, por territorios agrícolas; sin embargo, en la parte alta de la cuenca, respetaron un considerable porcentaje de la cobertura natural, quizá por su difícil acceso, las pendientes pronunciadas y la presencia de grupos armados, por ello, es esta cobertura es la de mayor área entre las unidades, con el 29,32%.

En la siguiente tabla, se presentan los resultados del análisis comparativo entre las dos épocas a una escala 1:100.000.

Tabla 13. Análisis multitemporal de la cobertura de la cuenca del río Mira (2005-2019) escala 1:100.000.

Cód.	Cobertura	2005		2019		Diferencia (ha)	Cambio (%)
		Área (ha)	(%)	Área (ha)	(%)		
1.	Territorios artificializados	778.92	0.512	1139.81	0.75	360.89	46.3
1.1.	Zonas urbanizadas	561.16	0.369	1032.04	0.68	470.88	83.9
1.2.	Zonas industriales o comerciales y redes comerciales	217.76	0.143	107.77	0.07	-109.99	-50.5
2.	Territorios agrícolas	61831	40.63	62034.77	40.76	203.47	0.3
2.2.	Cultivos permanentes	17535	11.52	12995.04	8.54	-4539.67	-25.9
2.3.	Pastos	3347	2.199	3909.63	2.57	562.65	16.8
2.4.	Áreas agrícolas heterogéneas	40950	26.91	45130.1	29.65	4180.49	10.2
3.	Bosques y áreas seminaturales	75603	49.68	74267.26	48.8	-1336.2	-1.8

3.1.	Bosques	56219	36.94	57247.13	37.62	1028.44	1.8
3.2.	Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	19328	12.7	16955.69	11.14	-2372.25	-12.3
3.3.	Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	56.83	0.04	64.45	0.04	7.62	13.4
4.	Áreas húmedas	4995.5	3.28	4958.06	3.26	-37.46	-0.7
4.1.	Áreas húmedas continentales	4603.9	3.025	4378.86	2.88	-225.08	-4.9
4.2.	Áreas húmedas costeras	391.58	0.257	579.2	0.38	187.62	47.9
5.	Superficies de agua	8980	5.9	9789.33	6.43	809.29	9
5.1.	Aguas continentales	6658.3	4.375	7308.05	4.8	649.78	9.8
5.2.	Aguas marítimas	2321.8	1.526	2481.28	1.63	159.51	6.9
Total		152189.2	100	152189.2	100	--	--

Fuente: este estudio.

En resumen:

- Entre 2005 y 2019, los territorios artificializados aumentaron en un 46,3%, es decir, 360,89 ha.
- Los territorios agrícolas incrementaron en un 0,3%, lo que corresponde a 203,47 ha.
- Los bosques y áreas seminaturales disminuyeron en un -1,8%, equivalente a -1336,2 ha.
- Las áreas húmedas disminuyeron en un -0,7 % (-37,46 ha), sin embargo, se resalta que, estas unidades pueden diferir de acuerdo a la época de más o menos lluvias.
- Las superficies de agua aumentaron en un 9% (809,29 ha), sin embargo, estas unidades pueden diferir de acuerdo a la época de menos lluvias o más lluvias en la que se capturó la información.

De lo anterior se concluye que, para el periodo analizado, se presentó un crecimiento de los territorios artificializados pasando de 0.51% al 0,75% del total de la cuenca, a cambio de una disminución principalmente bosques y áreas seminaturales (49,68% al 48,8%) y una pequeña área de las áreas húmedas (3,28% al 3,26%). Al desglosar este comportamiento, se observa que, en 2005 las zonas

urbanizadas, tenían un área de 561,16 ha, es decir, el 0,37% del área estudiada y en 2019 el área aumento a 1139,89 hectáreas, es decir, 0,75% de la cuenca.

En ese sentido, es necesario, resaltar que, si bien el comportamiento de las principales unidades de cobertura (nivel 1), no difieren ampliamente, cuando se analizan a nivel II, se observa que, por ejemplo, las áreas agrícolas heterogéneas, incrementaron en 4.180,49 ha (ampliación de 10,2%), al igual que, los pastos, con un aumento de 562,65 ha, es decir, un +16,8%. Por otra parte, se observa la reducción significativa del área bajo cultivos permanentes en -4539,67 ha, es decir, la pérdida de cerca del -25,9%, principalmente, relacionados con el cultivo de palma de aceite, lo que pudo estar relacionado con el evento de proliferación de la enfermedad conocida como la pudrición del cogollo (PC), causada por *Phytophthora palmivora*, que se extendió hace algunos años. Asimismo, se observan cambios dentro de la unidad de bosques y áreas seminaturales, especialmente, en la reducción de las áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva para el año 2019, en cerca de -2372,25 ha (-12,3%), fruto de la ampliación de la frontera agrícola y pecuaria.

Finalmente, en la siguiente tabla, se presentan las áreas por tipo de cobertura de la tierra a nivel 3 en la cuenca para el año 2005, a este nivel, se observa que la unidad de mayor área son los bosques densos con 44.617,71ha (29,32%), seguido de los mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales con 20.389,99 ha (13,40%) y cultivos permanentes arbóreos con 17.534,71 ha (11,52%). Desde otra perspectiva, las unidades de menor área corresponden a los pastos arbolados, los mares y océanos y las tierras desnudas o degradadas con 48,88 ha, 56,08 ha y 56,83ha, respectivamente.

Tabla 14. Cobertura de la tierra en la cuenca del río Mira para el año 2005 (escala 1:100.000)

Código	Leyenda Cobertura	Área (ha)	Área (%)
1.1.1.	Tejido urbano continuo	461.93	0.30
1.1.2.	Tejido urbano discontinuo	99.23	0.07

1.2.1.	Zonas industriales o comerciales	123.61	0.08
1.2.2.	Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	94.15	0.06
2.2.3.	Cultivos permanentes arbóreos	17534.71	11.52
2.3.1.	Pastos limpios	1943.18	1.28
2.3.2.	Pastos arbolados	48.88	0.03
2.3.3.	Pastos enmalezados	1354.92	0.89
2.4.1.	Mosaico de cultivos	473.39	0.31
2.4.2.	Mosaico de pastos y cultivos	16304.86	10.71
2.4.3.	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	20398.99	13.40
2.4.4.	Mosaico de pastos con espacios naturales	1658.17	1.09
2.4.5.	Mosaico de cultivos y espacios naturales	2114.20	1.39
3.1.1.	Bosque denso	44617.71	29.32
3.1.2.	Bosque abierto	544.42	0.36
3.1.3.	Bosque fragmentado	11056.56	7.27
3.2.1.	Herbazal	3285.67	2.16
3.2.2.	Arbustal	5421.99	3.56
3.2.3.	Vegetación secundaria o en transición	10620.28	6.98
3.3.3.	Tierras desnudas o degradadas	56.83	0.04
4.1.1.	Zonas pantanosas	4603.94	3.03
4.2.3.	Sedimentos expuestos en bajamar	391.58	0.26
5.1.1.	Ríos	6658.27	4.37
5.2.2.	Mares y océanos	56.08	0.04
5.2.3.	Estanques para acuicultura marina	2265.69	1.49
Total		152189.2	100

Fuente: este estudio.

A partir de la tabla anterior, se infiere que es necesario, conocer a fondo y a mayor detalle el tipo de cambio que se ha presentado en la cuenca del río Mira desde el 2005 al 2019, con el fin de identificar la dinámica de cambio en la zona y el tipo de actividades que se han reemplazado. En este caso, se realizó haciendo la intersección espacial de las capas a escala 1:100.000 de los años 2005 y 2019, las cuales fueron utilizadas a tercer nivel. En la siguiente tabla, se evidencia que el 58,99% del área de la cuenca no tuvo cambios en este periodo de tiempo, y un 11,07% tuvo un cambio a una cobertura similar como puede ser el cambio de algún tipo de pasto a otro, o entre cultivos.

Como puede observarse en la Tabla 6, el principal indicador de cambio de coberturas en la cuenca es la fragmentación del bosque con un 7,12% del área de

estudio. Este fenómeno se concentra en la zona alta y media de la cuenca, pero también se observa en la zona baja de la misma. Las áreas con incremento en la fragmentación de bosque en el año 2005 tenían una cobertura de herbazales, arbustales, bosque denso y vegetación secundaria, principalmente, por lo cual, se concluye que, en estas áreas se han llevado a cabo procesos de deforestación y de una mayor intervención antrópica, lo que impide, procesos de regeneración natural, cabe aclarar que, esto se infiere, debido a que, muchas de estas áreas bajo fragmentación, aún persisten desde el año 2005 hasta la actualidad, convirtiéndose en una problemática progresiva, que conlleva a la transformación total del paisaje, pérdida del tamaño y calidad del hábitat, pérdida de la conectividad y la consecuente disminución de su capacidad de resiliencia.

Tabla 15. Indicadores de cambio de coberturas de la tierra en la cuenca del río Mira entre 2005 y 2019

	Indicador de cambio	Área (ha)	Área (%)
0	Sin cambio	89775.18	58.99
1	Desintensificación de la agricultura	10389.79	6.83
2	Dinámica de áreas húmedas	1455.84	0.96
3	Dinámica de superficies de agua	2120.45	1.39
4	Expansión agrícola	7773.80	5.11
5	Expansión de acuicultura	573.50	0.38
6	Expansión de pasturas	2630.80	1.73
7	Fragmentación del bosque	10830.10	7.12
8	Intensificación de la agricultura	3302.13	2.17
9	Otros cambios	69.09	0.05
10	Recuperación de bosques	5864.92	3.85
11	Cambio similar	16854.92	11.07
12	Urbanización	548.73	0.36
	Total	152189.2	100

Fuente: este estudio.

En este mismo sentido, otro de los indicadores más importantes en la cuenca es la desintensificación de la agricultura con cerca de 10.389,79 ha bajo este proceso, localizado principalmente, en la zona media de la cuenca, que es donde se localizan actualmente, los mosaicos tanto de cultivos y pastos con la presencia de espacios naturales. Estas áreas en el año 2005 se presentaban principalmente, como áreas

de mosaicos de pastos y cultivos, pastos limpios y un área considerable de cultivos permanentes, que, en la actualidad, llevan a cabo procesos de adopción de ciertos arreglos agroforestales como las cercas vivas y la integración de árboles frutales y maderables dentro de sus sistemas tradicionales. Sumado a esto, se tienen áreas donde se ha expandido la agricultura con cerca de 7.773,8 ha (5,11%), principalmente, por la transformación de vegetación herbácea y arbustiva a monocultivos en la zona alta y media de la cuenca. Finalmente, se observan procesos de recuperación del bosque en 5.864,92 ha, lo que equivale al 3,85% del área de la cuenca, especialmente, en la zona baja de la misma, sin embargo, se visualiza que cerca a estas áreas donde se llevan a cabo procesos de regeneración natural, se ubican las zonas de expansión agrícola y de pasturas y de fragmentación del bosque, como se muestra en la siguiente figura:

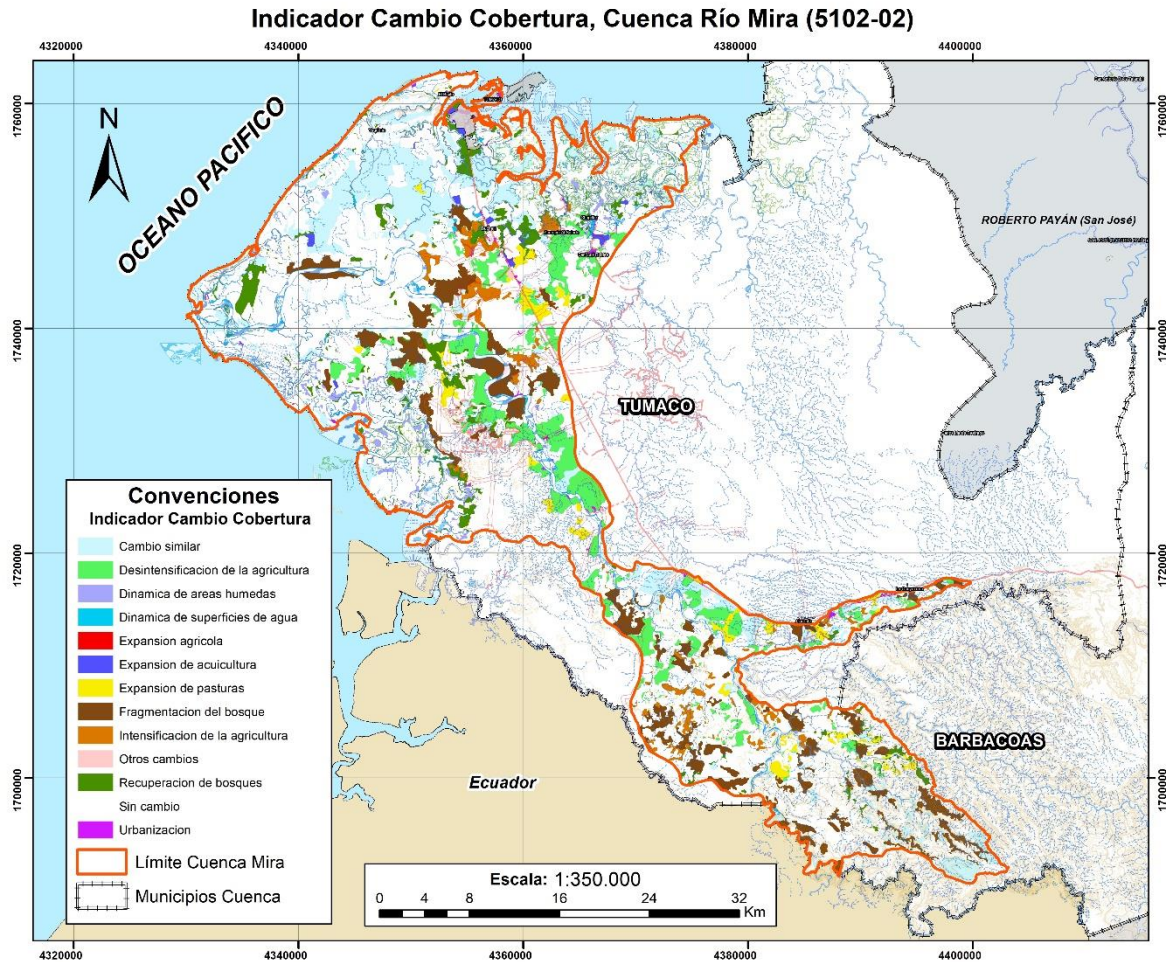


Figura 33. Dinámicas de cambio en la cuenca del río Mira para el periodo 2005-2019 (escala 1:100.000)
Fuente: este estudio.

3.5. Indicadores del estado de las coberturas naturales

A partir de la información generada en las anteriores secciones y el análisis planteado, a continuación, se presentan los cálculos y análisis para los diferentes indicadores e índices que complementan el estudio de las coberturas de tierra para la cuenca del río Mira:

3.5.4. Indicador de tasa de cambio de coberturas naturales (TCCN)

Este indicador permite medir la pérdida o recuperación de las coberturas con respecto a un periodo anterior. Para el cálculo de este índice, se siguieron los lineamientos establecidos en la Guía de formulación de POMCAS (2014), donde se calculan las áreas de las coberturas de los dos periodos del análisis multitemporal, que para este caso, corresponden a los años 2005 y 2019.

El indicador de tasa de Cambio de Coberturas Naturales - TCCN permite determinar en el periodo final el grado de transformación, lo que ayuda a identificar las coberturas donde se presentaron los cambios positivos o negativos, realizando una comparación entre la misma cobertura, para que numéricamente, no arroje una indeterminación.

Como se observa en la sección del análisis multitemporal, a nivel 3 de la leyenda CORINE Land Cover, no se registraron en ambas fechas el mismo tipo de cobertura, debido a cambios en el uso de la tierra o a la dinámica propia de la cuenca, por esta razón, en algunos casos específicos, se tomó en cuenta, únicamente el nivel 2 de esta leyenda para la obtención de este indicador.

Los resultados obtenidos para la cuenca del río Mira se presentan a continuación:

Tabla 16. Indicador de tasa de cambio de coberturas naturales (TCCN) para la cuenca del río Mira

Código	Área 2019 (Ha)	Área 2005 (Ha)	TCCN (%)	Descriptor	Categoría	Diferencia (Ha)
1.1.1	631.80	461.93	2.237	Menor del 10%	Aumento bajo	169.87
1.1.2	521.59	99.23	11.853	Entre 11-20%	Aumento medio	422.35
1.2.1	13.65	123.61	-15.738	Entre 11-20 %	Disminución media	-109.96
1.2.2	94.12	94.15	-0.002	Menor del 10%	Disminución baja	-0.03
2.2.	12966.89	17534.71	-2.156	Menor del 10%	Disminución baja	-4567.82
2.3.1	1999.15	1943.18	0.203	Menor del 10%	Aumento bajo	55.97
2.3.2	127.53	48.88	6.851	Menor del 10%	Aumento bajo	78.65
2.3.3	1583.43	1354.92	1.113	Menor del 10%	Aumento bajo	228.51
2.4.1	153.33	473.39	-8.052	Menor del 10%	Disminución baja	-320.06
2.4.2	14035.46	16304.86	-1.071	Menor del 10%	Disminución baja	-2269.40
2.4.3	26803.14	20398.99	1.950	Menor del 10%	Aumento bajo	6404.15
2.4.4	2275.43	1658.17	2.260	Menor del 10%	Aumento bajo	617.26
2.4.5	1893.12	2114.20	-0.789	Menor del 10%	Disminución baja	-221.08
3.1.	57560.26	56218.69	0.168	Menor del 10%	Aumento bajo	1341.58
3.2.1	4368.96	3285.67	2.035	Menor del 10%	Aumento bajo	1083.29
3.2.2	8271.54	5421.99	3.017	Menor del 10%	Aumento bajo	2849.55
3.2.3	4251.38	10620.28	-6.539	Menor del 10%	Disminución baja	-6368.89
3.3.	29.45	56.83	-4.694	Menor del 10%	Disminución baja	-27.37
4.1.1	4357.75	4603.94	-0.393	Menor del 10%	Disminución baja	-246.19
4.2.3	511.74	391.58	1.912	Menor del 10%	Aumento bajo	120.15
5.1.1	7292.44	6658.27	0.650	Menor del 10%	Aumento bajo	634.17
5.2.2	135.57	56.08	6.306	Menor del 10%	Aumento bajo	79.49
5.2.3	2311.51	2265.69	0.143	Menor del 10%	Aumento bajo	45.82

En la siguiente Figura, se muestran los resultados obtenidos para el TCCN, donde se puede apreciar el crecimiento de los territorios artificializados, los territorios agrícolas, los cuales, se prevé, ejercen presión sobre los bosques y áreas naturales, lo cual, provoca su disminución en algunas unidades.

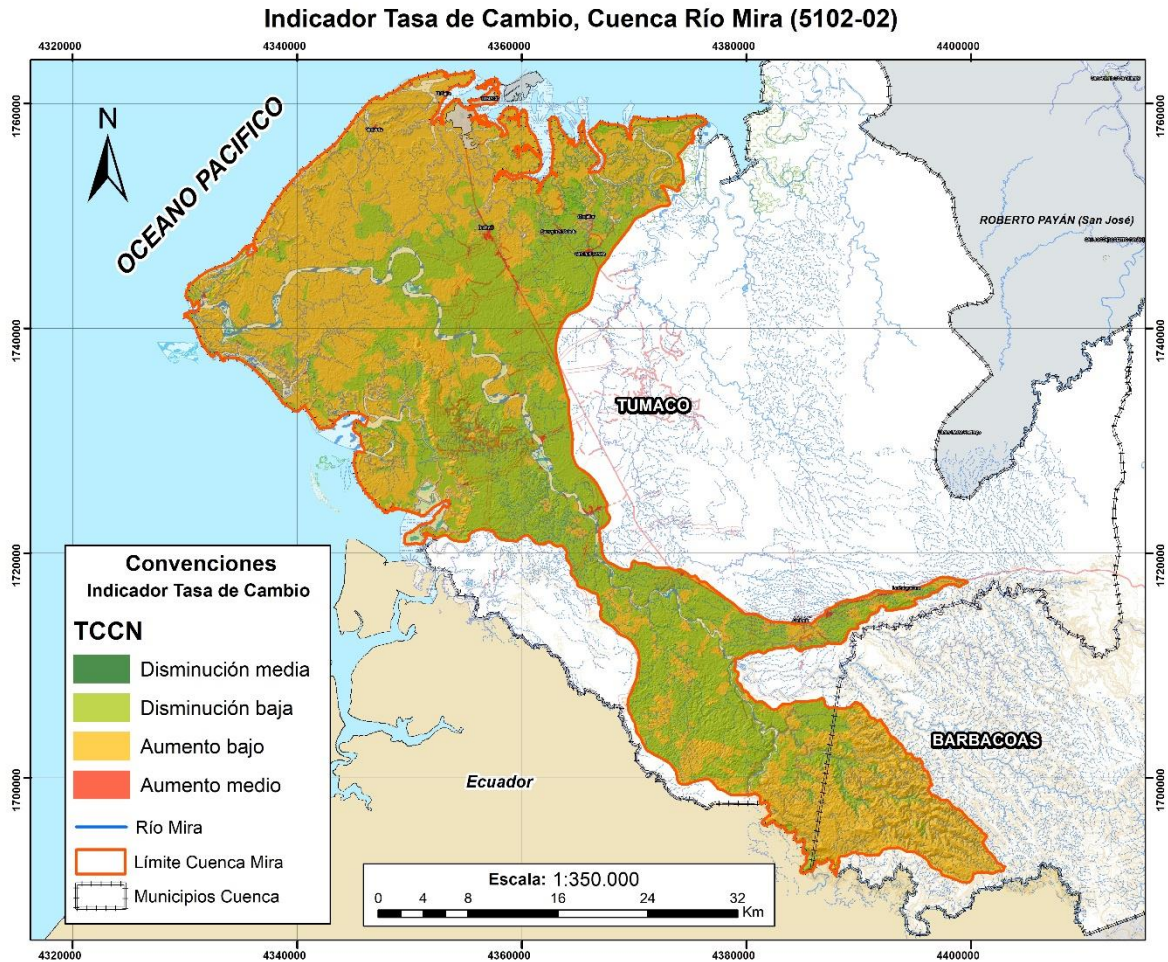


Figura 34. Tasa de cambio de coberturas de la tierra en la cuenca del río Mira (2005-2019)

A partir del indicador de tasa de cambio de coberturas de la tierra, se pueden resaltar los siguientes aspectos:

- En los bosques y áreas seminaturales de la cuenca del río Mira, tanto la unidad bosques, como los herbazales y los arbustales, han tenido un aumento dentro de la categoría baja, es decir, un incremento menor al 10%, en donde se resalta el incremento de 2849,55 Ha en la unidad arbustales. Sin embargo, la vegetación secundaria o en transición y las áreas abiertas, sin o con poca vegetación, ostentaron una disminución dentro de la categoría baja, en donde, la vegetación

secundaria, tuvo una reducción de 6368,89 Ha, debido posiblemente, a la ampliación de la frontera agrícola y/o pecuaria.

- En cuanto a los territorios agrícolas, se observa que, los cultivos permanentes, los mosaicos de cultivos, los mosaicos de pastos y cultivos y los mosaicos de cultivos y espacios naturales, ostentan una disminución en su área menor al 10%, catalogándose como una reducción baja. Al respecto, se evidencia una diferencia entre el año 2005 y 2019 de 4567,82 Ha para los cultivos permanentes y de 2269,4 Ha para los mosaicos de pastos y cultivos.
- De la misma manera, en los territorios agrícolas, también se evidencian incrementos bajos en el área de las unidades de pastos limpios, pastos arbolados, pastos enmalezados, mosaico de pastos con espacios naturales y mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, destacándose el aumento en el área de 6404,15 Ha en esta última unidad. Al respecto, se observa un cambio en las técnicas de producción del territorio, en donde, a la interacción entre pastos y cultivos, se le han agregado y/o conservado, especies leñosas perennes en diversos arreglos.
- En cuanto a las áreas húmedas, se observa una disminución baja en las zonas pantanosas con una reducción 246,19 Ha y un incremento bajo en los sedimentos expuestos en bajamar de 120,15 Ha, sin embargo, se resalta que, el área de esta última unidad, se encuentra relacionada con la hora y fecha de captura de la información satelital contrastada, principalmente, por el efecto de las fuerzas de atracción gravitatoria que ejercen el Sol y la Luna sobre la Tierra y el nivel de sus aguas.
- Dentro de las superficies de agua, se evidencia un incremento bajo en el área de los ríos, océanos y estanques de acuicultura marina, en donde, la primera unidad puede ser afectada por la fecha de la información satelital utilizada para la generación de la cartografía, debido a la incidencia de la época de más y menos lluvias. En cuanto a los estanques de acuicultura marina, se observa un incremento de 45,82 Ha.

- Finalmente, dentro de los territorios artificializados, se encuentran, disminuciones en la categoría media, es decir, de entre el 11 y 20% en las zonas industriales o comerciales, lo cual, puede ser causado a la diferencia en la escala de trabajo para la obtención de la cartografía entre ambos periodos, presentándose, una diferencia de 109, 96 Ha. De la misma manera, se observa una disminución no significativa en la red vial y sus terrenos asociados de cerca de 0,03Ha.
- En cuanto al tejido urbano continuo, se obtuvo un aumento bajo, de cerca de 169,87 Ha, de igual modo, se observa un aumento medio en el tejido urbano discontinuo, con cerca de 422,35 Ha, en donde se evidencia el proceso de expansión de la artificialización dentro del territorio.

3.5.5. Indicador de vegetación remanente (IVR)

El cálculo del indicador de vegetación remanente (IVR), permite determinar el grado de transformación o conservación de las coberturas vegetales dentro del área del estudio, por ello, no se evalúan las áreas artificializadas. El objetivo del presente indicador, es cuantificar el porcentaje de vegetación remanente por tipo de cobertura vegetal a través del análisis multitemporal, con énfasis en las coberturas naturales (MinAmbiente, 2014).

A partir del análisis multitemporal, el porcentaje para las coberturas naturales, es decir, los bosques y áreas seminaturales para el año de 2005 fue de 49,68%, que corresponde a una cuenca medianamente transformada y de sostenibilidad media baja (MDT) según el IVR. Para el caso del año 2019, el IVR corresponde a 48,8%, lo cual, permite clasificarla bajo el mismo descriptor, es decir, que sigue siendo una cuenca medianamente transformada y de sostenibilidad media baja (MDT). En este caso, esto permite cuantificar una pérdida de -1336,2 Ha de coberturas naturales, lo que equivale a una reducción del -1,8% del área total de la zona de estudio.

De acuerdo a lo anterior, el IVR se detalla en el 49,68% y al 48,8% del área de la cuenca para el año 2005 y 2019, respectivamente, y sus resultados se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 17. Indicador de vegetación remanente (IVR) para la cuenca del río Mira (2005-2019).

Cód.	Área 2005 (Ha)	Área 2019 (Ha)	IVR	Descriptor	Rango IVR	Calificación
3.1.	56218.69	57560.26	102.39	NT: No transformado o escasamente transformado. Sostenibilidad alta	IVR ≥ 70%	20
3.2.1.	3285.67	4368.96	132.97	NT: No transformado o escasamente transformado. Sostenibilidad alta	IVR ≥ 70%	20
3.2.2.	5421.99	8271.54	152.56	NT: No transformado o escasamente transformado. Sostenibilidad alta	IVR ≥ 70%	20
3.2.3.	10620.28	4251.38	40.03	MDT: Medianamente transformado. Sostenibilidad media baja	IVR ≥ 30% < 50%	10
3.3.	56.83	29.45	51.83	PT: Parcialmente transformado. Al menos el 70% de la vegetación primaria permanece sin alterar. Sostenibilidad media	IVR ≥ 50% < 70%	15

Tomando en cuenta que, para la cuenca del río Mira se identificó como vegetación natural las coberturas de bosques, herbazales, arbustales, vegetación secundaria y áreas abiertas con poca vegetación, a través de la determinación del IVR, se puede deducir que, gran parte del área en ordenación presenta un descriptor mayor a 70%, categorizándolo como no transformado o escasamente transformado (NT), ocupando el 46,12% del área total de la cuenca. De este modo, su protección es de vital importancia para la preservación equilibrio ecológico de la zona y de los bienes y servicios que la cuenca ofrece. Por consiguiente, la zona alta y baja de la cuenca, especialmente, las áreas de las quebradas Quejuambí, Tangrialito y Bocana Nueva, se deben considerar como eje crucial de la sostenibilidad ambiental del territorio,

debido a que, en estas, se ubican los bosques, herbazales y arbustales que ostentaron los valores positivos para este indicador ($IVR \geq 70\%$).

Por otro lado, el IVR, permite inferir que el 2,79% del área total, presenta sostenibilidad media baja, es decir, que se encuentra medianamente transformada, ostentando un IVR entre 30 y 50%, siendo este un suceso especialmente presentado, en la vegetación secundaria o en transición de la zona alta y baja de la cuenca, en el área de influencia de las quebradas Quejuambí, Pianulpí, La Honda, a Chorrera, Piragua, Biguaral, Tangrialito y Brazo El Cobao. Ante ello, se debe resaltar que, la pérdida y fragmentación del hábitat pueden convertirse en causantes de reducciones drásticas en los niveles de biodiversidad, especialmente, en la fauna de gran tamaño (Dirzo *et al.* 2014; Bogoni *et al.* 2018), los cuales, son más sensibles a los cambios de uso del suelo. No obstante, la mayoría de las especies, desde pequeñas hasta grandes, amenazadas o no, sufren severas reducciones en sus poblaciones y área de distribución en respuesta a la pérdida de hábitat (Ripple *et al.* 2017). Lo que conlleva a la afectación negativa de las funciones realizadas por estas especies, tales como el ramoneo, la depredación de semillas, la dispersión de semillas y la depredación de otros vertebrados de diverso tamaño (Redford, 1992; Wright, 2003; Terborgh *et al.* 2008; Magioli *et al.* 2021).

Finalmente, este indicador, da a conocer que, el 0,019% de la cuenca, se encuentra bajo un IVR entre 50 y 70%, es decir, presenta sostenibilidad media, al estar parcialmente transformado, ostentando al menos el 70% de la vegetación sin alterar, siendo esta un área presente en el área de la quebrada Biguaral, zona media del río Mira.

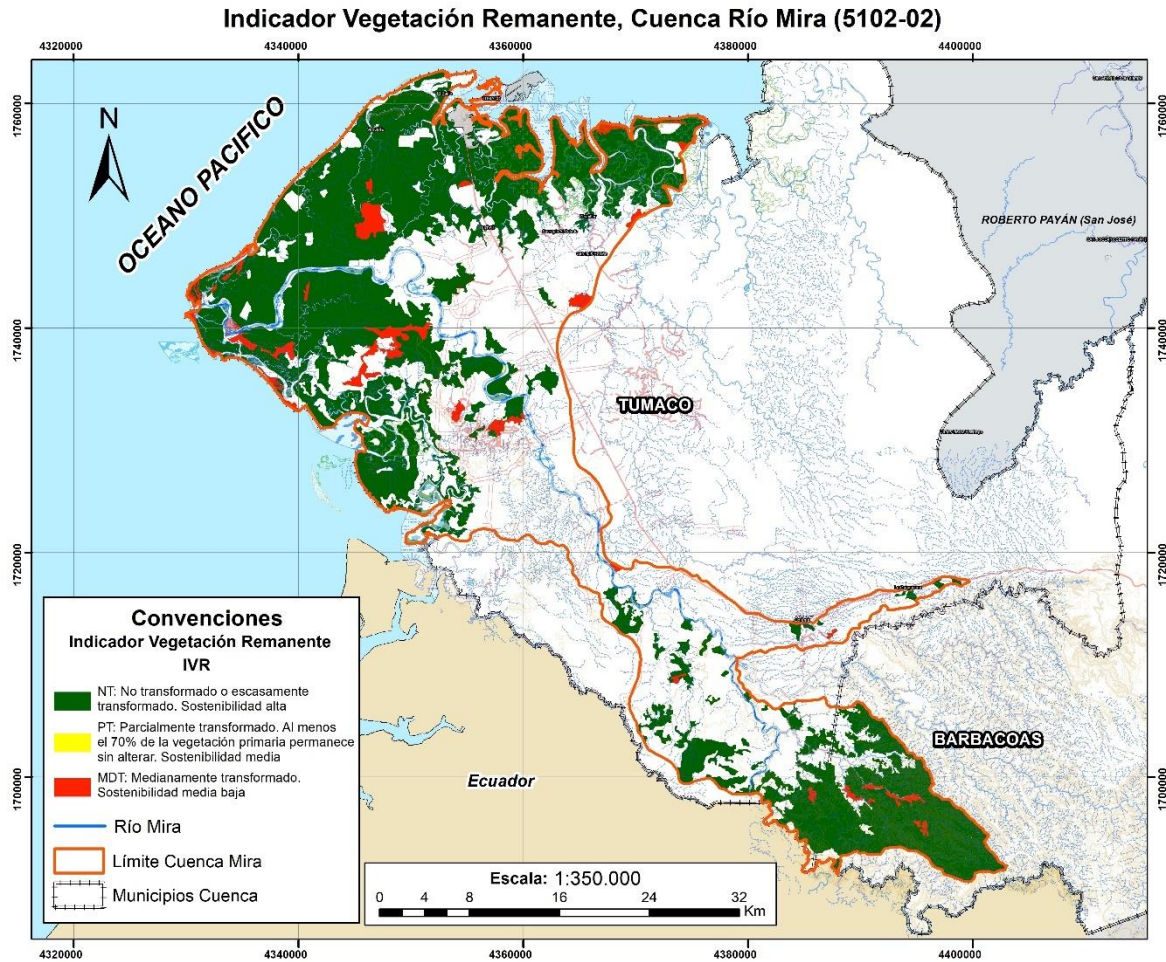


Figura 35. Indicador de vegetación remanente para la cuenca del río Mira

3.5.6. Índice de fragmentación (IF)

Siguiendo las pautas descritas por la metodología de Steenmans y Pinborg (2000), fue posible la cuantificación del grado de fragmentación de los diferentes tipos de cobertura natural de la cuenca del río Mira. El índice plantea la fragmentación del espacio en términos de conectividad asumiendo varias operaciones de análisis espacial sustentadas en datos de tipo ráster, el cual, gravita en torno a los usos del suelo, discriminando los que por sus características naturales, son susceptibles de ser considerados sensibles a procesos de fragmentación, de aquellos otros usos que generan una presión sobre los anteriores o no participan.

Este proceso se realizó bajo las recomendaciones de Triviño, Vicedo y Soler (2007), quienes afirman que, aunque las superficies de agua son espacios naturales, para efectos de estudiar el nivel de fragmentación de las mismas, los cuerpos de agua deben clasificarse como espacios antropizados bajo la concepción de que, constituyen una barrera para la conectividad de las coberturas vegetales de tipo terrestre y en este caso específico, se usan frecuentemente como medio de transporte. Así pues, los territorios naturales, fueron conformados por las unidades de coberturas de la tierra de acuerdo a la leyenda CORINE Land Cover, únicamente, las pertenecientes a bosques y áreas seminaturales, y a su vez, las áreas no naturales o antropizadas, fueron integradas por, los territorios artificializados, territorios agrícolas, áreas húmedas y superficies de agua.

Siguiendo lo expuesto, se reclasificó el mapa de cobertura y uso del suelo en dos categorías: áreas naturales y áreas no naturales o antropizadas, conforme a lo exigido por la metodología antes señalada. Así, los resultados se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 18. Índice de Fragmentación (IF) para la cuenca del río Mira

Tipo fragmentación	Valor de fragmentación menor	Valor de fragmentación Mayor	Cuadrantes (4 km ²)	Área (ha)	Área (%)
Sin celdas sensibles	0	0	116	46400	23.72
Poca	0.015625	0.096667	219	87600	44.79
Moderada	0.1	0.5	134	53600	27.40
Fuerte	1	1	20	8000	4.09
Total			489	195600	100

A partir de estos resultados, se logra inferir que en la cuenca del río Mira, se obtuvieron un total de 489 cuadrantes de 2 km x 2 km (4 km²) con su respectivo valor de fragmentación, cuya categoría más representativa para todo el territorio en ordenación, fue la fragmentación del tipo poca, con un 44,79% del área total, especialmente, en la zona alta y baja de la cuenca.

A su vez, se aprecia que, en la totalidad de la cuenca hidrográfica se presenta fragmentación del tipo moderada, cuya representatividad es del 27,4% del territorio analizado, presentándose, una posible influencia negativa de las actividades agrícolas y pecuarias sobre las áreas naturales. En ese sentido, se destaca la fragmentación ejercida por la producción de cultivos permanentes intensivos, especialmente, la de palma de aceite en la zona media de la cuenca y los sistemas agrosilvopastoriles presentes en la zona alta.

Aunque la actividad humana con frecuencia es la fuerza más obvia que determina el tamaño y la forma de las “manchas” o fragmentos del paisaje, las variaciones naturales en la geología y en las condiciones del suelo y los acontecimientos naturales, tales como los incendios y el pastoreo de los herbívoros interactúan para dirigir la formación de estos. Como resultado, las “manchas” varían considerablemente en forma y tamaño. La zona, forma y orientación de las “manchas” del paisaje determinan todas sus idoneidades como hábitats para las plantas y los animales e influyen en muchos procesos ecológicos, como en la

circulación del viento, dispersión de semillas y el movimiento de animales (Smith y Smith, 2007).

De forma similar, se evidencia que, el 23,72% del área total de la cuenca, ostenta celdas no sensibles, es decir, áreas con predominancia de coberturas no naturales o antropizadas, que se encuentran muy presionadas por las actividades humanas (urbanización, industria o agricultura) o por la presencia de grandes ejes de comunicación terrestre. En este caso, se destaca, la dominancia de la agricultura y ganadería en la zona media y baja del territorio en ordenación, especialmente en el área de las quebradas El Podrido, Cuespi, La Chorrera, Piragua, Chinguirito, Pianulpí y Tangrialito.

Finalmente, se logró determinar la existencia de zonas con fuerte fragmentación sobre el territorio analizado, cuya representatividad llega al 4,09% de toda la cuenca, ubicándose especialmente, en la zona media, donde se concentran las actividades agropecuarias.

De esto último, si la fragmentación reduce las parcelas por debajo de un tamaño crítico, la zona restante puede que no sea capaz de soportar muchas de sus especies originales y se produce la extinción local. Dado que el paisaje se vuelve más fragmentado y las áreas contiguas del hábitat para las especies llegan a ser más pequeñas y más aisladas, la relación entre la diversidad de especies y el tamaño de mancha (o área) toma una importancia crucial en la conservación de la diversidad biológica. Es más probable que las manchas más grandes contengan variaciones en la topografía, humedad, luz y suelos que ocasionen una mayor diversidad de vida vegetal (taxonómica y estructural), los que a su vez, crean un número más amplio de hábitats para las especies animales (Smith y Smith, 2007).

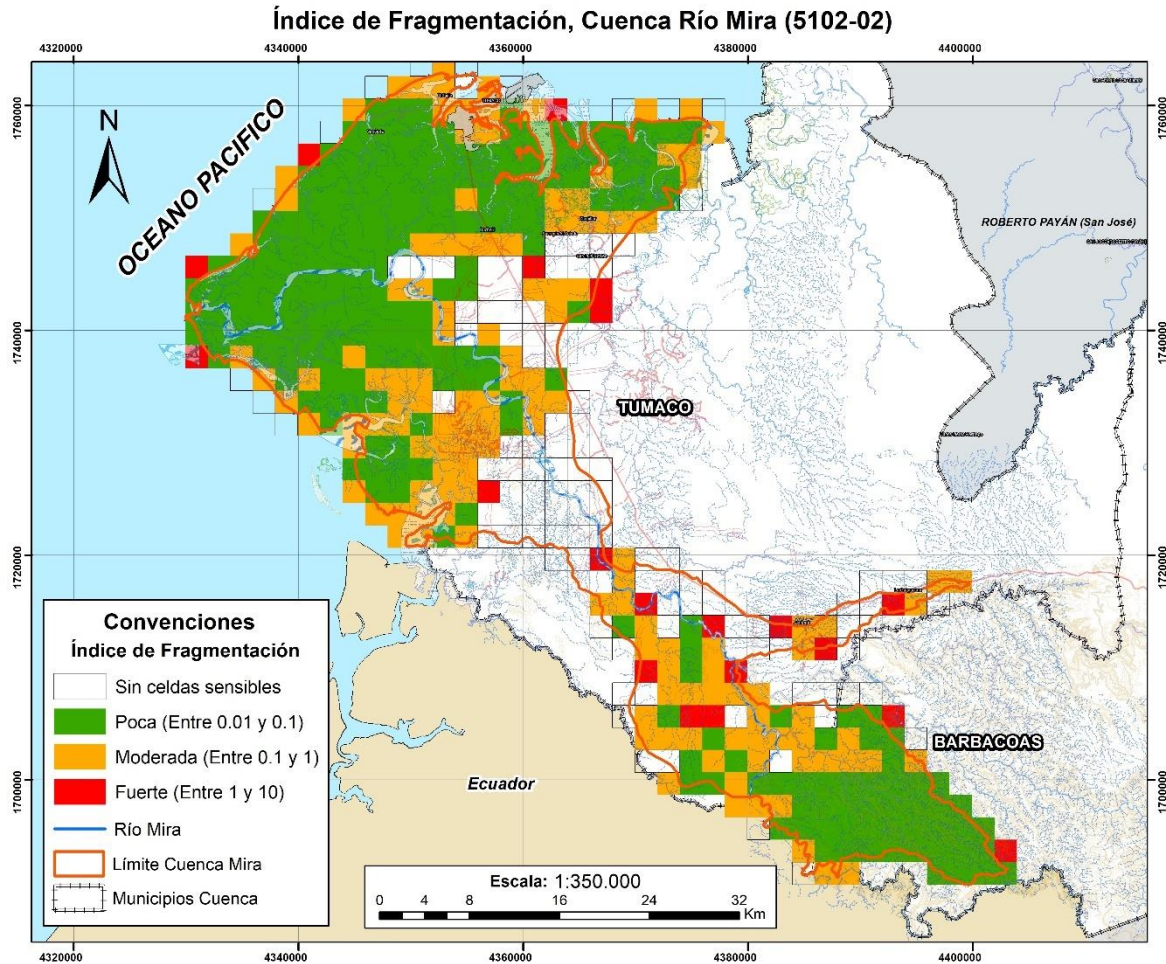


Figura 36. Índice de fragmentación (IF) para la cuenca del río Mira

3.5.7. Indicador de presión demográfica (IPD)

El objetivo de este índice es identificar los tipos de cobertura natural con alta presión demográfica. Para su cálculo, es necesario obtener los datos de densidad poblacional y la tasa de crecimiento intercensal para los municipios que integran la cuenca en ordenación (MinAmbiente, 2014), con ello, se prevé que, a medida que aumente la población, aumente la presión sobre las coberturas naturales, quienes son fuente de bienes y servicios demandados por sus habitantes.

En primer lugar, la densidad poblacional calculada para las personas en los municipios que hacen parte de la cuenca del río Mira, en este caso las pertenecientes al municipio de Tumaco, es de 1,2 habitantes/ha; y de 0,38 habitantes/ha para el municipio de Barbacoas, ambos, de acuerdo al Censo Nacional de Población y Vivienda llevado a cabo por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) en el año 2018. En cuanto a la tasa de crecimiento intercensal, este fue calculado, a partir de la información disponible para los años 2005 y 2018 de acuerdo al DANE. En ese sentido, Tumaco y Barbacoas, obtuvieron un valor aproximado de 0,0696%, fenómeno explicado, por una reducción en la población de la cuenca, durante un periodo de análisis de 13 años (2005-2018).

De acuerdo a esta información, se procedió a calcular el IPD para la cuenca del río Mira, en donde los resultados, se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 19. Indicador de presión demográfica (IPD) para la cuenca del río Mira

Municipio	IPD	Rango	Descriptor
Barbacoas	0.02686259	Menor a 1	Presión de la población baja y sostenibilidad alta.
Tumaco	0.08404723	Menor a 1	Presión de la población baja y sostenibilidad alta.

Al revisar estos resultados, el indicador, permite inferir que, la cuenca del río Mira, en general, se encuentra en un estado de presión baja y sostenibilidad alta, por efecto de la presión demográfica, debido a que, en ambos municipios pertenecientes a la cuenca, tanto su densidad poblacional, como su tasa de crecimiento son bajos. En ese sentido, la población de la cuenca, se ve notoriamente reducida del año 2005 al año 2018; lo que constituye un factor de complejidad y de análisis de las dinámicas poblacionales.

Por su parte, en la interpretación a nivel municipal, se tiene que, si bien estos territorios presentan un índice de presión demográfica de rango bajo, la fuente de bienes y servicios ambientales, se encuentran concentrados en la zona alta y baja

de la cuenca, de ahí, la necesidad de desarrollar estrategias para conservar y/o restaurar la cobertura natural, ante un posible aumento de la presión demográfica, especialmente, en los cascos urbanos, los cuales, pueden llevar a ejercer una mayor demanda e interés sobre los bienes naturales, implicando además, una posible amenaza sobre la sostenibilidad de los ecosistemas presentes en la cuenca. Asimismo, a partir de este indicador, la cuenca, posee altas posibilidades de recuperar gran parte de su cobertura natural, si las autoridades y la población se lo proponen.

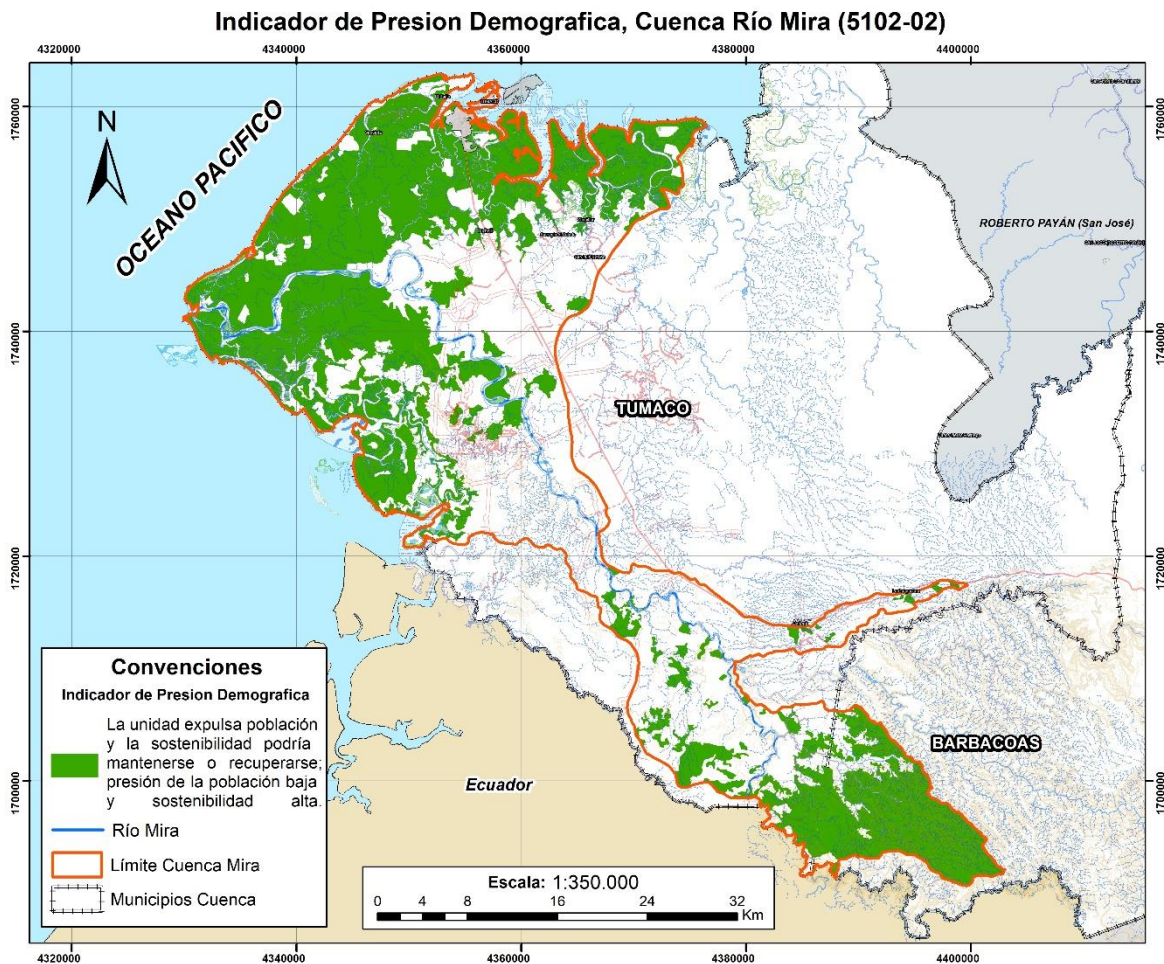


Figura 37. Indicador de presión demográfica (IPD) para la cuenca del río Mira

3.5.8. Índice de ambiente crítico (IAC)

A partir de los anteriores datos, se puede calcular el Índice de ambiente crítico (IAC) según la matriz propuesta por Márquez (2000), y citado por el MinAmbiente (2014), el cual, permite identificar cuáles vienen siendo los tipos de cobertura natural con presión demográfica sobre ellas y así tomar acciones. De este modo, en la siguiente tabla, se presentan los resultados de manera global para todo el territorio en ordenación:

Tabla 20. Índice de ambiente crítico de la cuenca del río Mira

IAC	Área (ha)	Área (%)
Relativamente estable o relativamente intacto; conservado y sin amenazas inminentes.	70230.19	46.15
Vulnerable, conservación aceptable y/o amenazas moderadas. Sostenible en el mediano plano, es especial con medidas de protección.	4251.38	2.79
Coberturas no naturales o antropizadas	77707.60	51.06
TOTAL	152189.17	100

De acuerdo con los resultados, la cuenca del río Mira presenta en su mayoría, coberturas naturales estables y sin amenazas inminentes por influencia de la presión demográfica existente, conformado así, un total de 46,15% de todo el territorio bajo ordenación. Estas áreas, se caracterizan, por presentar vegetación escasamente transformada (NT) o parcialmente transformada (PT) ($IVR \geq 70\%$; o $IVR \geq 50\% < 69\%$) y una presión de la población baja ($IPD < 1$), los cuales, en su mayoría, se ubican la zona alta y baja de la cuenca, principalmente, en las cuales, se evidencia una baja perturbación en las coberturas naturales existentes, no obstante, la influencia de las actividades antrópicas, puede incrementarse a futuro.

Entre tanto, el 2,79%, presenta una cobertura vegetal vulnerable, con conservación aceptable y/o amenazas moderadas por parte de la presión demográfica, razón por la cual, se requieren medidas de protección. La característica principal, radica en la mediana transformación de la vegetación ($IVR \geq 30\% < 49\%$) a pesar de la presión poblacional baja ($IPD < 1$), después de todo, la influencia y la ampliación de la frontera agrícola es evidente. En este caso, las áreas bajo esta categoría, se

presentan en la zona alta, media y baja de la cuenca, en donde se puede resaltar, las áreas de las quebradas Quejuambí, Tangrialito, Biguaral, La Chorrera, Piragua, Pianulpí, Brazo El Cobao, Bocana Nueva y Bocana Santo Domingo.

Finalmente, sobresalen las 77.707,60 hectáreas (51,06%), en donde, el ser humano ha transformado la cobertura vegetal natural y reflejan los cambios que ha venido sufriendo el territorio, especialmente, la zona media y baja de la cuenca.

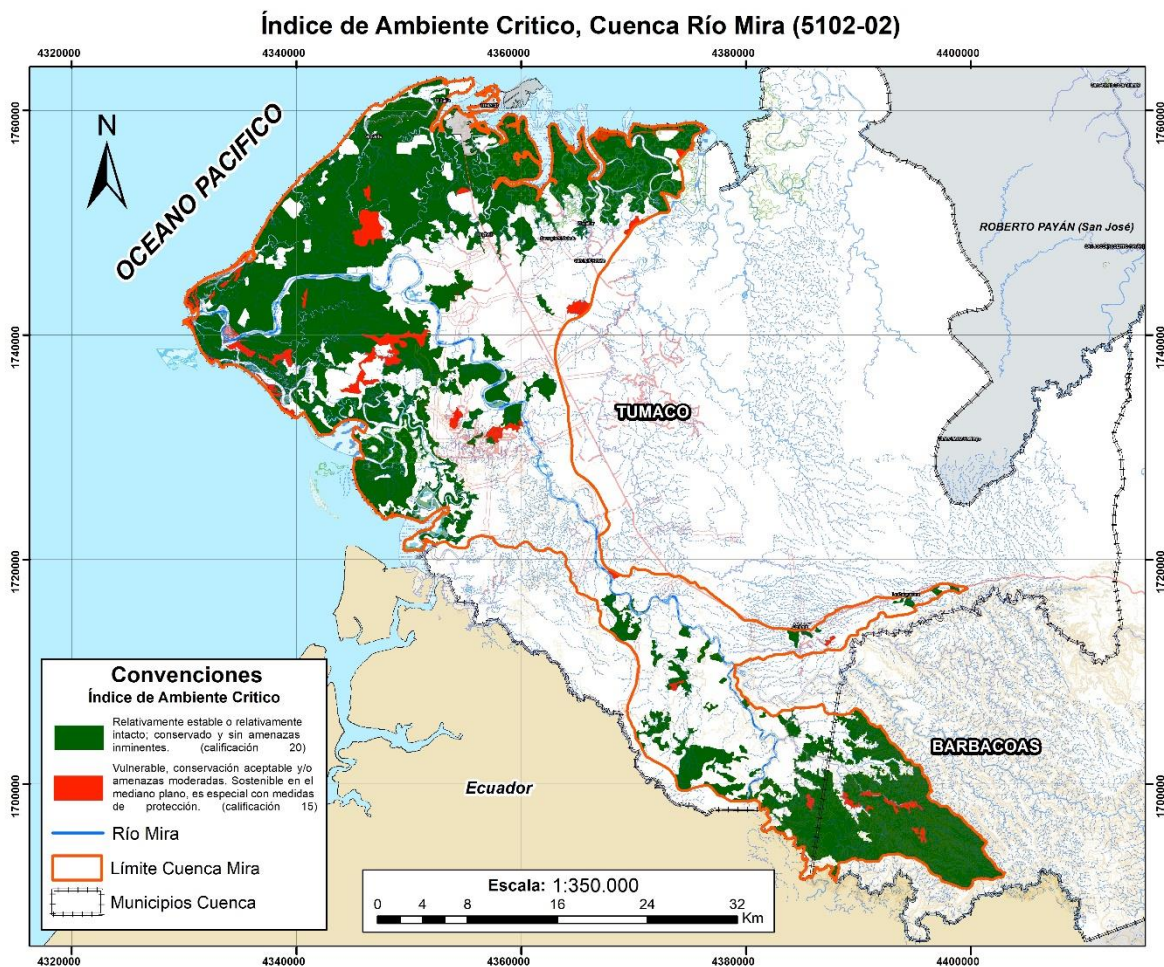


Figura 38. Índice de ambiente crítico (IAC) de la cuenca del río Mira

3.5.9. Índice de estado actual de las coberturas naturales (IEACN)

Una vez calculados todos los índices anteriormente descritos (IF, TCCN, IVR y IAC), y según lo recomendado por la guía de formulación de POMCAS (2014), se determinó el Indicador del Estado Actual de las Coberturas Naturales (IEACN), mediante el cual, se permite identificar de manera consolidada, los resultados obtenidos a partir de la interpretación de las coberturas según su fragmentación, tasa de cambio, vegetación remanente y la presión demográfica con respecto a las coberturas naturales existentes en la cuenca del río Mira, se logra apreciar finalmente el grado de transformación de cada una de ellas.

De esta manera, las derivaciones obtenidas a partir de este indicador, quedan expresadas en la siguiente tabla para todo el territorio en ordenación.

Asimismo, la representación gráfica de estos resultados puede visualizarse en la siguiente figura.

Tabla 21. Índice de estado actual de las coberturas naturales (IEACN) de la cuenca del río Mira

IEACN	Cobertura	Área (Ha)	Área (%)
Conservada	Bosques	57560.24	37.82
	Herbazal	4368.96	2.87
	Arbustal	8271.54	5.44
	Vegetación secundaria o en transición	3363.68	2.21
	Áreas abiertas con poca vegetación	29.45	0.02
Medianamente transformada	Vegetación secundaria o en transición	887.70	0.58
No aplica	Coberturas no naturales o antropizadas	77707.6	51.06
Total		152189.17	100

De acuerdo a la tabla anterior, el 48,36% del área total de cuenca del río Mira, presentan coberturas naturales bajo la categoría conservadas, es decir, 73.593,87 hectáreas, las cuales se ubican principalmente, en la zona alta y baja de la cuenca, de estas zonas, se resaltan, las inmediaciones de las quebradas Quejuambí, Tangrialito, Piragua, Biguaral, Mogui, La Honda, La Isla, Bocana Nueva, Brazo El

Cobao y Bocana Santo Domingo, siendo áreas con predominancia de bosques densos altos de tierra firme e inundables.

De igual importancia, el 0,58% del área en ordenación, se encuentra bajo la categoría de coberturas naturales medianamente transformadas, ubicadas principalmente en las quebradas Pianulpí, La Honda, La Chorrera, Piragua, Biguaral, Cuespi, Tangrialito, Brazo El Cobao y Bocana Nueva. En donde se evidencia, efectos negativos de actividades antrópicas como la agricultura, rutas de transporte y la artificialización del territorio, alcanzado así, un total de 887,7 hectáreas.

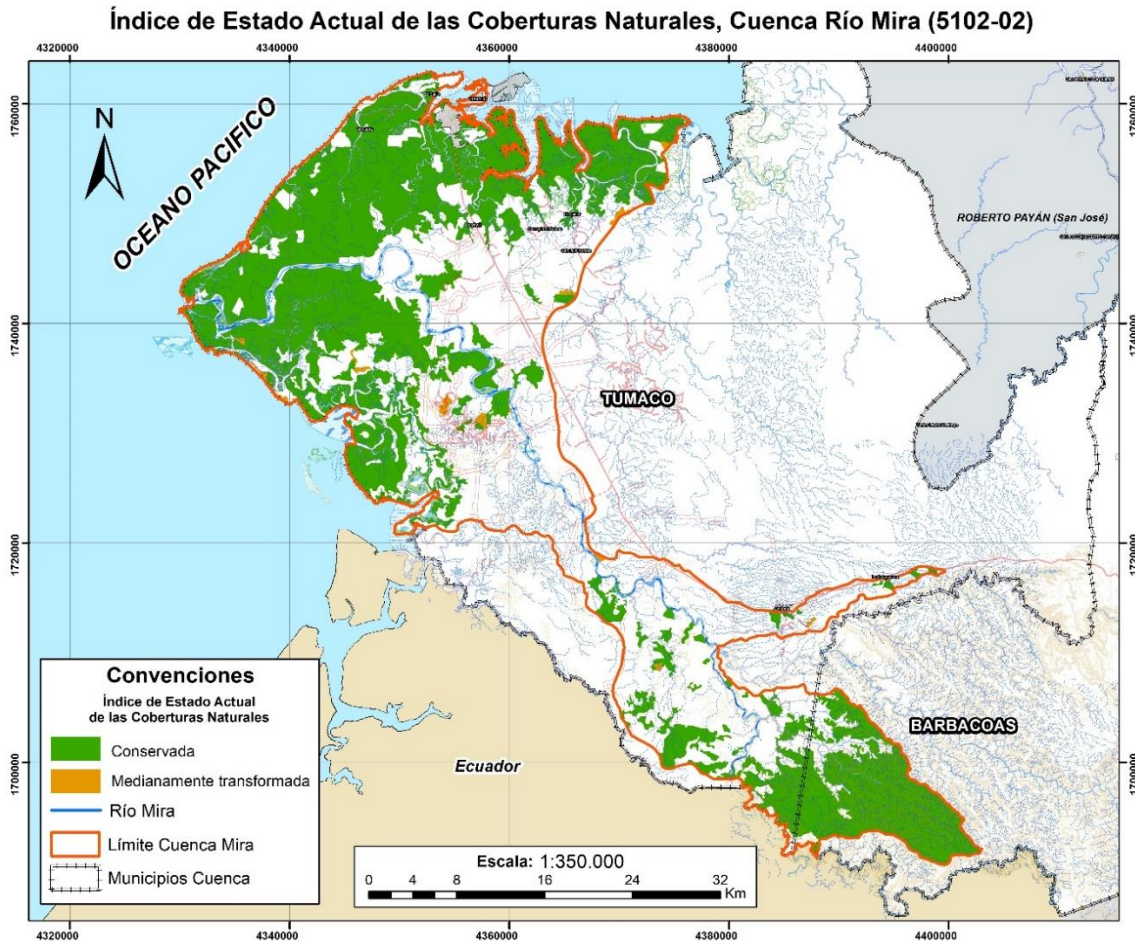


Figura 39. Índice de estado actual de las coberturas naturales (IEACN) de la cuenca del río Mira

3.5.10. Estado actual de las cuencas abastecedoras

Este indicador permite definir y cuantificar en porcentaje y área (ha) las coberturas naturales en cuencas abastecedoras de acueductos municipales:

Tabla 22. Estado actual de las subcuencas de la cuenca del río Mira.

Subcuenca	Uso actual	Área (ha)	Área (%)
Sistema deltaico del río Mira entre quebrada Sin Toponimia y Bocana Nueva	Agropecuario	178.57	1.19
	Agrosilvopastoril	1228.87	8.17
	Conservación	11373.61	75.59
	Cuerpos de agua artificiales	8.15	0.05
	Cuerpos de agua naturales	1519.04	10.10
	Ganadería	74.81	0.50
	Infraestructura	13.02	0.09
	Silvopastoril	636.96	4.23
	Sin uso	13.78	0.09
Sistema deltaico del río Mira entre río Pusbi y Bocana Santo Domingo	Agricultura	1601.38	10.59
	Agrosilvopastoril	694.90	4.60
	Conservación	11284.08	74.63
	Cuerpos de agua artificiales	90.57	0.60
	Cuerpos de agua naturales	939.49	6.21
	Infraestructura	25.25	0.17
	Silvopastoril	462.43	3.06
	Sin uso	22.73	0.15
Quebrada Cuespi	Agricultura	3435.46	96.55
	Agrosilvopastoril	39.72	1.12
	Conservación	4.95	0.14
	Cuerpos de agua naturales	7.65	0.21
	Ganadería	70.29	1.98
Directos del río Mira entre quebrada El Podrido y quebrada Cuespi	Agricultura	1367.44	74.75
	Agrosilvopastoril	261.82	14.31
	Cuerpos de agua naturales	51.63	2.82
	Ganadería	142.64	7.80
	Infraestructura	5.73	0.31
Quebrada El Podrido	Agricultura	514.56	76.40
	Agrosilvopastoril	116.03	17.23
	Cuerpos de agua naturales	0.82	0.12
	Ganadería	32.21	4.78
	Infraestructura	9.88	1.47
Directos del río Mira entre quebrada La Honda y quebrada El Podrido	Agricultura	191.64	8.55
	Agropecuario	408.23	18.21
	Agrosilvopastoril	915.73	40.84

	Conservación	576.47	25.71
	Cuerpos de agua naturales	121.55	5.42
	Infraestructura	0.78	0.03
	Silvopastoril	21.07	0.94
	Sin uso	6.87	0.31
Quebrada La Honda	Agropecuario	3175.41	40.80
	Agrosilvícola	1.31	0.02
	Agrosilvopastoril	2473.06	31.77
	Conservación	1816.43	23.34
	Cuerpos de agua naturales	13.19	0.17
	Silvopastoril	303.63	3.90
Directos del río Mira entre quebrada La Isla y quebrada La Honda	Agropecuario	2164.10	35.04
	Agrosilvícola	65.99	1.07
	Agrosilvopastoril	2459.10	39.81
	Conservación	1101.35	17.83
	Cuerpos de agua naturales	283.90	4.60
	Ganadería	100.53	1.63
	Sin uso	1.88	0.03
Directos del río Mira entre río San Juan y quebrada La Isla	Agrosilvopastoril	185.57	17.35
	Conservación	573.93	53.65
	Cuerpos de agua naturales	142.29	13.30
	Silvopastoril	167.97	15.70
Quebrada Quejuambí	Agropecuario	448.80	2.59
	Agrosilvopastoril	2526.87	14.60
	Conservación	13058.74	75.44
	Cuerpos de agua naturales	137.00	0.79
	Ganadería	994.21	5.74
	Silvopastoril	144.03	0.83
Directos del río Mira entre quebrada Quejuambí y río Güiza	Agropecuario	297.09	37.62
	Agrosilvopastoril	342.34	43.35
	Conservación	84.29	10.67
	Cuerpos de agua naturales	60.87	7.71
	Sin uso	5.20	0.66
Quebrada Pianulpí	Agricultura	302.32	8.70
	Agropecuario	1341.05	38.61
	Agrosilvopastoril	755.55	21.75
	Conservación	282.62	8.14
	Cuerpos de agua naturales	47.49	1.37
	Ganadería	483.98	13.93
	Infraestructura	75.73	2.18
	Silvopastoril	184.52	5.31
Quebrada Chinguirito	Agricultura	249.86	15.31
	Agropecuario	319.61	19.59

	Agrosilvopastoril	531.92	32.60
	Conservación	126.21	7.73
	Cuerpos de agua naturales	36.54	2.24
	Ganadería	356.04	21.82
	Infraestructura	11.56	0.71
Quebrada La Chorrera	Agricultura	179.40	23.42
	Agropecuario	216.93	28.32
	Agrosilvopastoril	276.37	36.08
	Cuerpos de agua naturales	1.69	0.22
	Ganadería	33.67	4.40
Directos del río Mira entre quebrada La Chorrera y quebrada Piragua	Infraestructura	8.23	1.07
	Silvopastoril	49.72	6.49
	Agricultura	792.45	17.27
	Agropecuario	1246.70	27.18
	Agrosilvícola	2.64	0.06
	Agrosilvopastoril	1730.84	37.73
	Conservación	119.08	2.60
	Cuerpos de agua naturales	413.90	9.02
	Ganadería	109.93	2.40
	Infraestructura	101.06	2.20
Quebrada Piragua	Silvopastoril	64.01	1.40
	Sin uso	7.03	0.15
	Agricultura	342.03	22.22
	Agropecuario	341.80	22.21
	Agrosilvopastoril	615.68	40.01
	Conservación	183.97	11.95
	Cuerpos de agua naturales	3.89	0.25
Quebrada Tangrialito	Ganadería	44.00	2.86
	Infraestructura	7.60	0.49
	Agricultura	296.57	20.00
	Agropecuario	387.64	26.14
	Agrosilvícola	0.19	0.01
	Agrosilvopastoril	522.82	35.25
	Conservación	250.06	16.86
	Cuerpos de agua naturales	4.85	0.33
	Ganadería	6.30	0.43
Sistema deltaico del río Mira entre quebrada Tangrialito y brazo El Cobao	Infraestructura	13.71	0.92
	Sin uso	1.02	0.07
	Agricultura	1375.18	2.38
	Agropecuario	3308.64	5.72
	Agrosilvícola	1861.12	3.22
	Agrosilvopastoril	9008.92	15.57
	Conservación	34621.73	59.84

	Cuerpos de agua artificiales	2261.15	3.91
	Cuerpos de agua naturales	3025.19	5.23
	Ganadería	991.09	1.71
	Infraestructura	840.47	1.45
	Otros usos	9.01	0.02
	Silvopastoril	6.39	0.01
	Sin uso	544.73	0.94
Quebrada Sin Toponimia	Agricultura	597.81	36.08
	Agropecuario	78.36	4.73
	Agrosilvopastoril	143.34	8.65
	Conservación	531.87	32.10
	Cuerpos de agua naturales	2.40	0.14
	Ganadería	302.95	18.29
Directos del río Mira entre quebrada Biguaral y quebrada Sin Toponimia	Agricultura	520.65	18.48
	Agropecuario	2.11	0.08
	Agrosilvopastoril	1029.27	36.54
	Conservación	1065.43	37.82
	Cuerpos de agua naturales	176.36	6.26
	Sin uso	23.03	0.82
Quebrada Biguaral	Agricultura	24.09	5.12
	Agrosilvopastoril	63.12	13.42
	Conservación	305.45	64.94
	Cuerpos de agua naturales	77.67	16.51
Directos del río Mira entre quebrada Cuespi y quebrada Biguaral	Agricultura	1165.15	61.49
	Agrosilvícola	14.04	0.74
	Agrosilvopastoril	443.96	23.43
	Conservación	44.05	2.32
	Cuerpos de agua naturales	158.88	8.38
	Ganadería	50.36	2.66
	Infraestructura	13.44	0.71
	Sin uso	5.01	0.26
Quebrada La Isla	Agrosilvopastoril	6.41	2.54
	Conservación	187.95	74.57
	Cuerpos de agua naturales	6.76	2.68
	Silvopastoril	50.93	20.21
Quebrada Mogui	Agrosilvopastoril	93.09	9.45
	Conservación	625.96	63.52
	Cuerpos de agua naturales	32.53	3.30
	Ganadería	10.14	1.03
	Silvopastoril	223.67	22.70
Directos del río Mira entre quebrada Mogui y quebrada Quejuambí	Agrosilvopastoril	165.81	49.41
	Conservación	33.36	9.94
	Cuerpos de agua naturales	29.94	8.92

	Ganadería	106.48	31.73
Directos del río Mira entre Quebrada Chinguirito y Quebrada La Chorrera	Agricultura	78.29	47.87
	Agrosilvopastoril	50.82	31.07
	Cuerpos de agua naturales	31.94	19.53
	Silvopastoril	2.49	1.52
Directos del río Mira entre Quebrada Piragua y Quebrada Tangrialito	Agricultura	88.30	13.00
	Agrosilvopastoril	142.41	20.96
	Conservación	330.07	48.58
	Cuerpos de agua naturales	101.98	15.01
	Infraestructura	13.34	1.96
	Sin uso	3.36	0.50

A partir de estos resultados, se resalta que existen subcuencas sin presencia de coberturas naturales, es decir, sin áreas bajo bosques o vegetación herbácea y/o arbustiva, las que, en total, suman 3.432,32 hectáreas, lo que equivale al 2,25% del área total de la cuenca.

Las subcuencas totalmente antropizadas son las siguientes: los directos del río Mira entre quebrada El Podrido y quebrada Cuespi, la quebrada El Podrido, La Chorrera y los directos del río Mira entre quebrada Chinguirito y quebrada La Chorrera, en donde, la quebrada El Podrido, ubicada en la zona media, corresponde a la subcuenca abastecedora de la vereda La Vuelta. En ese sentido, esta quebrada, actualmente, presenta predominancia de cultivos permanentes arbóreos y pastos limpios.

Por otro lado, las subcuencas en donde, se concentran la mayoría de áreas bajo coberturas naturales, con un total de 70.338,16 hectáreas (46,21% del área total de la cuenca), son, el sistema deltaico del río Mira entre quebrada Tangrialito y Brazo El Cobao (34.621,73 hectáreas), la quebrada Quejuambí (13.058,74 hectáreas), el sistema deltaico del río Mira entre quebrada sin toponimia y Bocana Nueva (11.373,61 hectáreas) y el sistema deltaico del río Mira entre río Pusbi y Bocana Santo Domingo (11.284,08 hectáreas). En donde, el sistema deltaico del río Mira entre quebrada Tangrialito y Brazo El Cobao, ubicada en la zona baja de la cuenca,

es abastecedora del corregimiento de Lorente, perteneciente al municipio de Tumaco, ostentando cerca de un 59,84% de su área bajo conservación.

De la misma forma, se destacan las subcuencas con mayor porcentaje de su área en donde la cobertura natural supera a las áreas no naturales o antropizadas, este suceso se presenta en el sistema deltaico del río Mira entre quebrada sin toponimia y Bocana Nueva, con un grado de conservación del 75,59%, de la misma manera, en la quebrada Quejuambí con un 75,44% de cobertura natural, el sistema deltaico del río Mira entre río Pusbi y Bocana Santo Domingo con un 74,63%, al igual que, en la quebrada La Isla con un 74,57% (187,95 hectáreas) y la quebrada Biguaral con un 64,94% (305,45 hectáreas).

Caso contrario, la quebrada Pianulpí, a pesar de ser fuente abastecedora de la vereda la Guayacona ubicada en la zona alta de la cuenca, solo posee el 8,14% de su área bajo cobertura natural, lo que equivale a 282,62 hectáreas y es en donde se observa gran concentración de áreas de uso agropecuarios (1341,05 hectáreas).

De igual importancia, los directos del río Mira entre quebrada la Chorrera y quebrada Piragua, ubicada en la zona media de la cuenca, solo poseen 119,08 hectáreas bajo conservación, lo que corresponde al 2,60% del área de la subcuenca, la cual, es abastecedora de los habitantes de la variante en el kilómetro 54 vía Tumaco – Pasto (municipio de Tumaco) y generalmente, predominan las áreas de uso agrosilvopastoril (1730,84 hectáreas) y agropecuario (1246,70 hectáreas).

Finalmente, la quebrada Cuespi, ubicada en la zona media, solo posee un 0,14% de su área bajo cobertura natural, es decir que, 4,95 hectáreas, presenta cierto grado de conservación, siendo esta, la subcuenca abastecedora de la vereda Candelillas, perteneciente al corregimiento La Herrera, del municipio de Tumaco, en donde predominan, casi en su totalidad, los cultivos permanentes arbóreos (96,55% de su área total).

Debido a esto último, se prevé que la ausencia de cobertura natural en estas cuencas abastecedoras, se puede provocar un aumento de la transpiración y con ello, la disminución del caudal base, específicamente, debido a la remoción de la cobertura vegetal natural, la expansión de las zonas bajo cultivos, el sobrepastoreo y el aumento del área bajo uso residencial. Por otra parte, se debe analizar el hecho de que, en diversos estudios, se ha observado que, a causa de la pérdida de la cobertura natural, los caudales durante las épocas de menos lluvias muestran tendencias decrecientes en el flujo superficial, lo cual, incrementa claramente el riesgo por desabastecimiento de agua para consumo humano (Taye *et al.* 2015).

De acuerdo a lo anterior, las principales recomendaciones son: primero garantizar que el área de las actuales coberturas naturales existentes en la cuenca no disminuya; estas áreas corresponden de forma general, a bosques densos inundables, arbustales y herbazales en la zona baja y bosques densos de tierra firme en la zona alta, los cuales, representan los elementos fotosintetizadores y productores de la red trófica, al igual que, los fijadores de carbono, protectores del suelo ante el impacto de la lluvia, asimiladores de nutrientes, estabilizadores de pendientes, entre otras, es decir, son las unidades que garantizan la conservación de la biodiversidad y por ende la provisión de los servicios ecosistémicos y por ello, deben ser protegidos y preservados.

Segundo, en caso de que densidad poblacional aumente junto con la tendencia hacia la conversión de las áreas bajo cobertura natural hacia territorios agrícolas, se prevé que, el índice de sostenibilidad evaluado en la cuenca disminuya, por lo cual, se recomienda designar áreas de la restauración y o rehabilitación en donde aún existan áreas seminaturales, y así, mantener la sostenibilidad actual, sin embargo, se debe evaluar la posibilidad de incrementar la cobertura natural de la zona media de la cuenca, pues es esta, la que presenta la mayor antropización.

Para concluir, se resalta la importancia de las subcuencas abastecedoras nombradas con anterioridad, pues en ellas, se requiere tomar medidas de



restauración y/o rehabilitación lo más pronto posible, a través de estrategias y acciones que permitan el restablecimiento de su estructura y función, empleando el diálogo y consenso con los actores de la cuenca, quienes son los beneficiarios de sus servicios ecosistémicos.

A continuación, se muestran las subcuencas presentes en el río Mira con su respectivo uso del suelo en la actualidad:

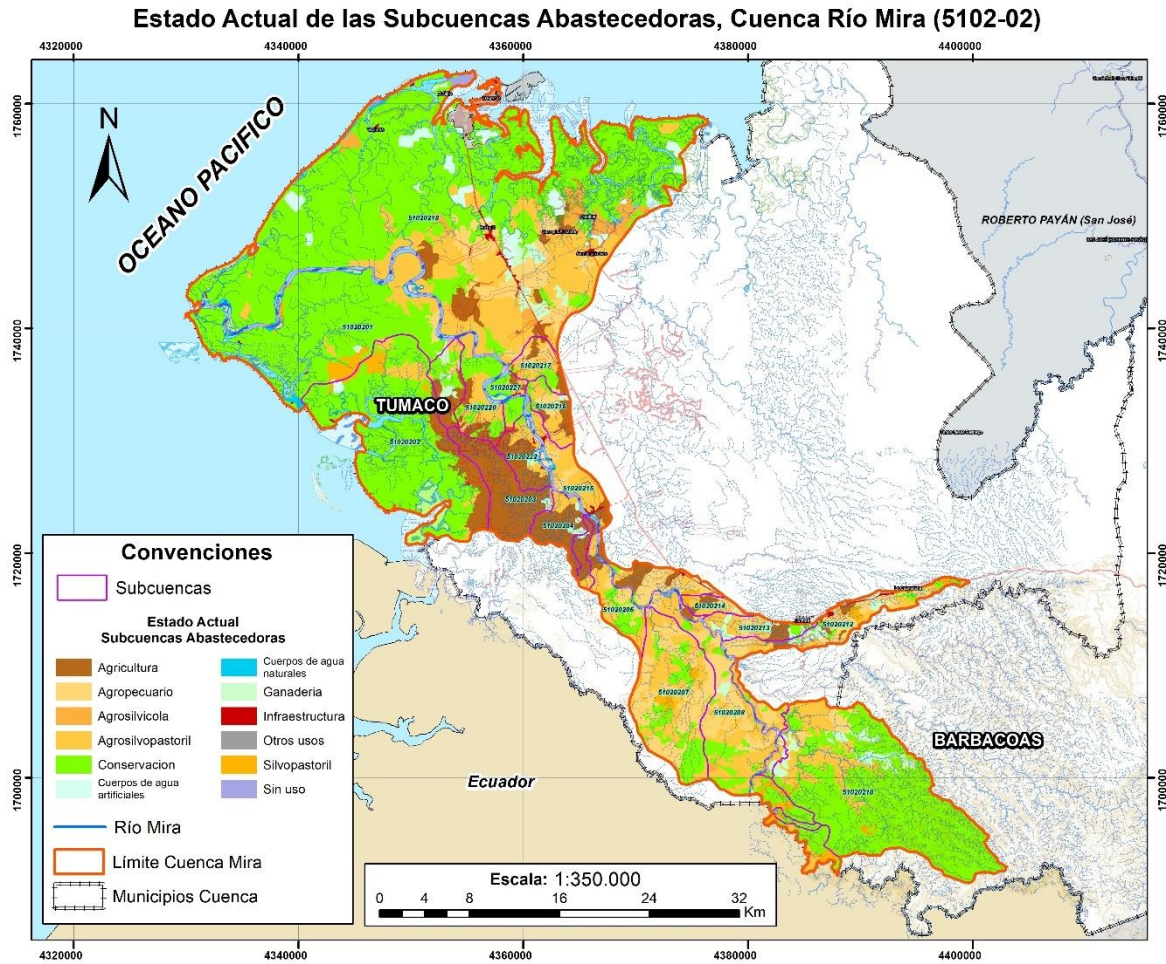


Figura 40. Estado actual de las subcuencas presentes en la cuenca del río Mira

4. CONCLUSIONES

La cobertura de la tierra de la cuenca del río Mira en el periodo actual, se encuentra representada por bosques y áreas seminaturales con 74.267,26 hectáreas siendo el 48,8%, seguido de territorios agrícolas con 62.034,77 hectáreas siendo el 40,76% del total de la cuenca; en cuanto a los territorios artificializados, esta corresponde a la de menor área en la cuenca con 1.139,81 hectáreas, siendo el 0,75% de la zona de estudio.

Se observa que, uso individual actual más importante es el de sistemas forestales protectores (FPR) (45,84%) el cual se concentra en la zona alta y baja, seguido de sistemas agrosilvopastoriles (ASP) (17,63%) y los cultivos transitorios extensivos con pastoreo extensivo (9,14%).

Los grupos de usos más extendidos corresponden al de conservación con el 51,63%, seguido por el agrosilvopastoril con el 17,63%, el agropecuario con el 9,14% y la agricultura con el 8,62%.

En total, el grupo de uso agricultura, agropecuario y ganadería suman 30.947,30 ha, lo que equivale al 20,33% del área de la cuenca.

Los grupos de uso basados en sistemas agroforestales como, el silvopastoril, el agrosilvopastoril y agrosilvícola, suman 31.087,48 ha, lo que corresponde al 20,42% del área bajo estudio.

Se debe propender en el cuidado y preservación del grupo de uso de conservación, en el cual, se incluyen las áreas conservación y/o para recuperación (CRE) y los sistemas forestales protectores (FPR), que representan en total el 51,63% del área de la cuenca

A través del análisis multitemporal entre 2005 y 2019, se observa que los territorios artificializados aumentaron en un 46,3%, por su parte, los territorios agrícolas incrementaron en un 0,3%; caso contrario, los bosques y áreas seminaturales

disminuyeron en un -1,8%, equivalente a -1.336,2 ha, al igual que, las áreas húmedas, las cuales, disminuyeron en un -0,7 %, finalmente, las superficies de agua aumentaron en un 9%.

A partir del indicador TCCN, se tiene que, tanto la unidad bosques, como los herbazales y los arbustales, han tenido un aumento dentro de la categoría baja, sin embargo, la vegetación secundaria o en transición y las áreas abiertas, sin o con poca vegetación, ostentaron una disminución dentro de la categoría baja

El indicador TCCN, permite evidenciar que, los cultivos permanentes, los mosaicos de cultivos, los mosaicos de pastos y cultivos y los mosaicos de cultivos y espacios naturales, ostentan una disminución baja, caso contrario, se observan incrementos bajos en el área de las unidades de pastos limpios, pastos arbolados, pastos enmalezados, mosaico de pastos con espacios naturales y mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales

La TCCN, permite observar una disminución baja en las zonas pantanosas y un incremento bajo en los sedimentos expuestos en bajamar, por su parte, las superficies de agua, ostentan un incremento bajo en los ríos, océanos y estanques de acuicultura marina. Por otra parte, el tejido urbano continuo, obtuvo un aumento bajo, y el tejido urbano discontinuo un aumento medio.

El IVR permite inferir que, la cuenca del río Mira, presenta un descriptor mayor a 70%, categorizándolo como no transformado o escasamente transformado (NT), en el 46,12% del área total de la cuenca.

Por otro lado, el IVR, permite inferir que el 2,79% del área total, presenta sostenibilidad media baja, es decir, que se encuentra medianamente transformada, ostentando un IVR entre 30 y 50%. Finalmente, el IVR, da a conocer que, el 0,019% de la cuenca, se encuentra bajo un IVR entre 50 y 70%, es decir, presenta sostenibilidad media, al estar parcialmente transformado.

El índice de fragmentación, permite observar que, la categoría más representativa para todo el territorio en ordenación, fue la fragmentación del tipo poca, con un 44,79% del área total, especialmente, en la zona alta y baja de la cuenca. A su vez, se aprecia que, la fragmentación del tipo moderada, se presenta en el 27,4% del territorio y que el 23,72% del área total de la cuenca, ostenta celdas no sensibles, es decir, áreas con predominancia de coberturas no naturales o antropizadas.

Por su parte, IPD, permite inferir que, la cuenca del río Mira, en general, se encuentra en un estado de presión baja y sostenibilidad alta, por efecto de la presión demográfica.

El IAC, de la cuenca presenta en su mayoría, coberturas naturales estables y sin amenazas inminentes por influencia de la presión demográfica, conformado así, un total de 46,15% de todo el territorio. Por su parte, el 2,79%, presenta una cobertura vegetal vulnerable, con conservación aceptable y/o amenazas moderadas por parte de la presión demográfica, razón por la cual, se requieren medidas de protección. Finalmente, sobresalen las 77.707,60 hectáreas (51,06%), en donde, el ser humano ha realizado procesos de antropización.

El IEACN, permite inferir que el 48,36% del área total de cuenca del río Mira, presentan coberturas naturales bajo la categoría conservadas, es decir, 73.593,87 hectáreas, no obstante, el 0,58% del área en ordenación, se encuentra bajo la categoría de coberturas naturales medianamente transformadas.

A partir del análisis del estado actual de las cuencas abastecedoras, se destaca que, el sistema deltaico del río Mira entre quebrada Tangrialito y Brazo El Cobao, es abastecedora del corregimiento de Llorente (Tumaco), y ostentan cerca de un 59,84% de su área bajo conservación.

Caso contrario, la quebrada Pianulpí, a pesar de ser fuente abastecedora de la vereda la Guayacana, solo posee el 8,14% de su área bajo cobertura natural. De la misma manera, los directos del río Mira entre quebrada la Chorrera y quebrada



Piragua, únicamente posee el 2,60% del área de la subcuenca bajo conservación, la cual, es abastecedora de los habitantes de la variante en el kilómetro 54 vía Tumaco – Pasto.

Finalmente, la quebrada Cuespi, solo posee un 0,14% de su área bajo cobertura natural, siendo esta, la subcuenca abastecedora de la vereda Candelillas, perteneciente al corregimiento La Herrera, del municipio de Tumaco.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Agudelo-Hz, W., Urbina-Cardona, N., y Armenteras-Pascual, D. (2019). Critical shifts on spatial traits and the risk of extinction of Andean anurans: an assessment of the combined effects of climate and land-use change in Colombia. *Perspectives In Ecology And Conservation*, 17(4), 206-219. doi: 10.1016/j.pecon.2019.11.002
- Aguilera, M. (2002). Palma africana en la costa caribe: Un semillero de empresas solidarias. *Docu. Trab. Econo. Regional* 30:1-53.
- Amacher, G., Ollikainen, M. y Uusivuori, J. (2014). Forests and ecosystem services: Outlines for new policy options. *Forest Policy and Economics* 47, 1-3. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2014.07.002>
- Armenteras, D., Gast, F., y Villareal, H. (2003). Andean forest fragmentation and the representativeness of protected natural areas in the eastern Andes, Colombia. *Biological conservation*, 113(2), 245-256.
- Bogoni, J. A., Pires, J. S. R., Graipel, M. E., Peroni, N., & Peres, C. A. (2018). Wish you were here: How defaunated is the Atlantic Forest biome of its medium-to large-bodied mammal fauna?. *PloS one*, 13(9), e0204515.
- Chuvieco, E. (1995). *Fundamentos de Teledetección*. 224.
- Dirzo, R., Young, H. S., Galetti, M., Ceballos, G., Isaac, N. J., & Collen, B. (2014). Defaunation in the Anthropocene. *Science*, 345(6195), 401-406.
- Etter, A., McAlpine, C., Wilson, K., Phinn, S., & Possingham, H. (2006). Regional patterns of agricultural land use and deforestation in Colombia. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 114, 369-386.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, Rodríguez, J., y Peña, V. (2013). *Análisis de Dinámicas de Cambio de las Coberturas de*

- la Tierra en Colombia, Escala 1:100.000 Periodos 2000-2002 y 2005-2009.* Bogotá, Colombia. 148.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM. (2010). *Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra, Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000.* Bogotá, Colombia. 200.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM. (2010). *Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000.* Bogotá, Colombia. 72.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC. (1999). Paisajes Fisiográficos de Orinoquía - Amazonía. *Análisis Geográficos 27-28*, 361.
- International Tropical Timber Organization - ITTO. (2002). *ITTO guidelines for the restoration, management and rehabilitation of degraded and secondary tropical forests.* CIFOR, FAO, IUCN y WWF. 84.
- Lencinas, J. y Siebert, A. (2009). Relevamiento de bosques con información satelital: Resolución espacial y escala. *Quebracho 17* (1). 101-105.
- Magioli, M., Ferraz, K., Chiarello, A., Galetti, M., Setz, E., & Paglia, A. (2021). Land-use changes lead to functional loss of terrestrial mammals in a Neotropical rainforest. *Perspectives In Ecology And Conservation*. doi: 10.1016/j.pecon.2021.02.006
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014). *Guía técnica para la formulación de los planes de ordenación de manejo de cuencas hidrográficas POMCAS.* Bogotá, Colombia. 196.
- Myers, N., Mittermeier, R., Mittermeier, C., da Fonseca, G. y Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature 403* (6772), 853-858. Recuperado de: <https://doi.org/10.1038/35002501>

- Newbold, T., Hudson, L. N., Hill, S. L., Contu, S., Lysenko, I., Senior, R. A., ... y Purvis, A. (2015). Global effects of land use on local terrestrial biodiversity. *Nature*, 520(7545), 45-50.
- Peterson, G., Cumming, G. y Carpenter, S. (2003). Scenario planning: a tool for conservation in an uncertain world. *Conservation biology*, 17(2), 358-366.
- Portillo, C. y Sánchez, G. (2010). Extent and conservation of tropical dry forests in the Americas. *Biological Conservation* 143 (1), 144-155. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.09.020>
- Redford, K. H. (1992). The empty forest. *BioScience*, 42(6), 412-422.
- Ripple, W. J., Wolf, C., Newsome, T. M., Hoffmann, M., Wirsing, A. J., & McCauley, D. J. (2017). Extinction risk is most acute for the world's largest and smallest vertebrates. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(40), 10678-10683.
- Smith, T. y Smith, R. (2007). *Ecología. 6a edición*. PEARSON EDUCACIÓN. Madrid, España. 778.
- Suárez-Parra, K. V., Cély-Reyes, G. E., & Forero-Ulloa, F. E. (2016). Validación de la metodología Corine Land Cover (CLC) para determinación espacio-temporal de coberturas: caso microcuenca de la quebrada Mecha (Cómbita, Boyacá), Colombia. *Biota Colombiana*, 17(1), 1-15.
- Taye, M., Willems, P. y Block, P. (2015). Implications of climate change on hydrological extremes in the Blue Nile basin: A review. *Journal Of Hydrology: Regional Studies*, 4, 280-293. doi: 10.1016/j.ejrh.2015.07.001
- Terborgh, J., Nuñez-Iturri, G., Pitman, N. C., Valverde, F. H. C., Alvarez, P., Swamy, V., ... & Paine, C. T. (2008). Tree recruitment in an empty forest. *Ecology*, 89(6), 1757-1768.

- Trejo, I. (2000). Deforestation of seasonally dry tropical forest a national and local analysis in Mexico. *Biological Conservation* 94 (2), 133-142. Recuperado de: [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(99\)00188-3](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(99)00188-3)
- Triviño, A., Vicedo, M. y Soler, G. (2007). Análisis de sensibilidad a factores de escala y propuesta de normalización del Índice de fragmentación de hábitats empleado por la Agencia Europea de Medio Ambiente. *Geofocus No. 7*, 148-170.
- Visconti, P., Bakkenes, M., Baisero, D., Brooks, T., Butchart, S. H., Joppa, L., ... y Rondinini, C. (2016). Projecting global biodiversity indicators under future development scenarios. *Conservation Letters*, 9(1), 5-13.
- Wright, S. J. (2003). The myriad consequences of hunting for vertebrates and plants in tropical forests. *Perspectives in plant ecology, Evolution and systematics*, 6(1-2), 73-86.