

PLAN ESTRATÉGICO MACROCUENCA CARIBE

INFORME DE ANÁLISIS ESTRATÉGICO

**Unión Temporal Plan Estratégico de las Macrocuencas Magdalena,
Cauca y Caribe.**

Valoración Económica Ambiental S.A.S.

EConcept.

Optim Consult

ANÁLISIS
ESTRATÉGICO

Contenido del Capítulo 3

| | | |
|-------|--|-----|
| 3 | Capítulo | 684 |
| 3.1 | MODELO DE DESARROLLO DESEADO DE LAS MACROCUENCAS..... | 685 |
| 3.1.1 | Oferta | 694 |
| 3.1.2 | Demanda | 695 |
| 3.1.3 | Calidad Hídrica..... | 696 |
| 3.1.4 | Riesgo asociado al recurso hídrico | 698 |
| 3.2 | MODELO INTEGRADO DE DINÁMICA DE SISTEMAS DE LA MACROCUENCA. | 699 |
| 3.2.1 | Proceso metodológico y análisis de dinámica de sistemas..... | 699 |
| 3.2.2 | Análisis de Influencia de las Variables clave..... | 709 |
| 3.2.3 | Definición de Intereses estratégicos | 715 |
| 3.3 | ESCENARIOS TENDENCIALES. | 718 |
| 3.3.1 | Oferta | 724 |
| 3.3.2 | Demanda | 739 |
| 3.3.3 | Calidad Hídrica..... | 762 |
| 3.3.4 | Riesgo Asociado al recurso hídrico..... | 782 |
| 3.3.5 | Gobernanza del Agua | 807 |
| 3.4 | CÁLCULO Y ANÁLISIS DE INDICADORES DEL RECURSO HÍDRICO A NIVEL DE MACROCUENCA. | 811 |
| 3.4.1 | Indicador de Necesidad de Agua “Water Poverty Index – WPI” | 811 |
| 3.4.2 | Índice del Uso del Agua IUA | 826 |
| 3.4.3 | Índice de Regulación y Retención Hídrica IRH..... | 831 |
| 3.4.4 | Índice de Vulnerabilidad al Desabastecimiento IVH | 833 |
| 3.4.5 | Indicador Caudal Sólido..... | 836 |
| 3.4.6 | Conclusiones..... | 838 |
| 3.5 | ZONIFICACIÓN AMBIENTAL..... | 838 |
| 3.5.1 | Contaminación al recurso hídrico por hidrocarburos | 838 |
| 3.5.2 | Concentración de mercurio en los cauces y alimentos de la cadena trófica que estén asociados al fenómeno de contaminación..... | 841 |
| 3.5.3 | Carga Potencial Contaminante..... | 845 |
| 3.5.4 | Gestión integral del recurso hídrico de los corredores industriales de la Macrocuenca..... | 847 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 3.5.5 | Reducir la vulnerabilidad al desabastecimiento de los centros urbanos medianos y pequeños..... | 850 |
| 3.5.6 | Áreas de especial significado ambiental | 850 |
| 3.5.7 | Áreas de recuperación Ambiental..... | 853 |
| 3.5.8 | Áreas de importancia Social | 854 |
| 3.5.9 | Navegabilidad..... | 856 |
| 3.6 | PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO DE TALLERES..... | 859 |
| 3.7 | CONCLUSIONES | 869 |
| 3.8 | GLOSARIO..... | 870 |
| 3.9 | BIBLIOGRAFÍA..... | 872 |
| 3.10 | ANEXO 1. MEMORIAS DE TALLERES..... | 890 |
| 3.11 | ANEXO 2. MANUAL DEL MODELO INTEGRADO. | 937 |
| 3.11.1 | Descripción y fundamentos teóricos que soportan el modelo | 937 |
| 3.11.2 | Requerimientos técnicos y tecnológicos para usar el modelo..... | 944 |
| 3.11.3 | Protocolos de uso e interpretación del modelo..... | 949 |
| 3.11.4 | Formatos para ingresar la información al modelo | 960 |
| 3.12 | ANEXO 3. MEMORIA TÉCNICA..... | 962 |
| 3.12.1 | Ecuaciones de los Subsistemas | 962 |

En este capítulo se presenta la información asociada a la fase de análisis estratégico del proceso de formulación del plan estratégico de la Macrocuenca Caribe. Este capítulo incluye la modelación de las dinámicas y factores claves que resultan centrales dentro de la Macrocuenca, el análisis y proyección de las variables claves para la gestión integrada de la macrocuenca y el resultado de los 4 talleres de la fase de análisis estratégico.

En la sección 3.1 del capítulo, se expone el modelo de desarrollo deseado para la Macrocuenca concertado entre los diferentes actores claves, expertos en las diferentes temáticas y la información suministrada por diferentes actores en la página web. Se implementaron diferentes estrategias de negociación para acordar las condiciones en las que se espera que se encuentre la Macrocuenca en años futuros.

En la sección 3.2 del capítulo, se explica el modelo de dinámica de sistemas que se utilizó, con el fin de identificar relaciones estratégicas y puntos de acción para la definición de lineamientos y directrices con relación a la Gestión Integral del Recurso Hídrico y de los demás recursos naturales presentes en la Macrocuenca. Se presenta el proceso metodológico que se utilizó para la formulación y desarrollo de los subsistemas y la identificación de las variables que harían parte del modelo. Así mismo se lleva a cabo un análisis de sensibilidad de las variables involucradas en el modelo, el cual permitió definir cuáles son las relaciones prioritarias para la Planeación Estratégica entre los Subsistemas. Finalmente, con base en la identificación de relaciones prioritarias se presentan los intereses estratégicos para cada temática clave.

En la sección 3.3 se realiza un análisis para cada una de las temáticas claves que fueron identificadas a partir del resultado de la priorización en la modelación y de las conclusiones de la fase de diagnóstico. En este sentido, se divide el capítulo por temáticas: Oferta hídrica, Demanda Hídrica, Calidad hídrica y riesgo asociado al recurso hídrico. El capítulo inicia con una descripción de las dinámicas de tres variables que afectan transversalmente a las variables claves, estas son crecimiento de la población, crecimiento de la producción industrial y crecimiento del sector agropecuario. Posteriormente para cada una de las temáticas se evidencia, en primer lugar, una descripción y caracterización del estado actual y posible crecimiento de las variables relacionadas a la temática. En segundo lugar, una explicación y análisis de las posibilidades de acción que representarían mejoras para el estado actual de las variables. Y finalmente una modelación de los escenarios de desarrollo para cada una de las temáticas de interés, teniendo en cuenta unas posibilidades de desarrollo a través de los escenarios pesimista, probable y optimista.

En la sección 3.4 se describe el cálculo del índice de escasez de agua y pobreza- Water Poverty Index (WPI). En este se presenta como primera medida una definición general del índice y se evidencian los componentes para su cálculo. Posteriormente se realiza una descripción del cómo se calculó el WPI y se presenta un análisis de los resultados obtenidos para la Macrocuenca.

En la sección 3.5 se realiza la zonificación ambiental de la Macrocuenca respecto a las diferentes temáticas claves. Cada temática tiene unos objetivos planteados donde se priorizan las zonas que aplican como de gran importancia para esta. La priorización se realizó mediante la utilización de diferentes índices y se ilustra en cartografía y tablas desarrolladas para cada objetivo. En este orden de ideas, se muestran las áreas de interés estratégico para la navegabilidad por su aporte de caudal a los tramos de los grandes ríos. En este sentido, se presenta el análisis de navegabilidad de los principales ríos mediante su división en tramos y la oferta hídrica aportada en cada sección.

Finalmente, en la sección 3.6 del presente capítulo se encontrarán un desarrollo de la metodología de planificación y desarrollo de los talleres de la fase de análisis estratégico. En los anexos uno se encontrará las memorias detalladas de cada taller en las que se muestran los actores que participaron y las conclusiones obtenidas en cada uno de los talleres, el manual del modelo de dinámica de sistemas y la memoria técnica.

3.1 MODELO DE DESARROLLO DESEADO DE LAS MACROCUENCAS

La propuesta de Modelo de desarrollo deseado es considerada como una proyección factible en el largo plazo que se construye de manera colectiva entre los diferentes actores clave que se encuentran en la Macrocuenca.

Se emplea para dar respuesta a la pregunta de dónde se quiere que esté la Macrocuenca en un horizonte de tiempo de 40 años con relación a la oferta, la demanda, la calidad y el riesgo asociado al recurso hídrico.

El procedimiento llevado a cabo por la UT para la construcción de dicha propuesta tuvo en consideración tres mecanismos propuestos en la estrategia de negociación presentada en el Informe Final de Diagnóstico: talleres, página web y reuniones con expertos. Los mecanismos en mención permitieron:

- Consultar el diagnóstico del recurso hídrico con los diferentes actores clave de la Macrocuenca para la posterior formulación del Modelo de desarrollo deseado.
- Construir escenarios con proyección futura del recurso hídrico.
- Concertar con los actores clave el Modelo de desarrollo deseado.
- Establecer compromisos y responsabilidades a ser asumidos por los diferentes actores para que el modelo de desarrollo sea factible.
- Construir la propuesta de Modelo de desarrollo deseado de las Macrocuencas a través de talleres con expertos.
- Formular internamente la propuesta susceptible a modificaciones de Modelo de desarrollo deseado por parte de la UT.
- Socializar con los diferentes actores la propuesta de Modelo de desarrollo deseado de las Macrocuencas.

En la siguiente gráfica se muestra la consecución de pasos llevados a cabo para la formulación del plan estratégico de la Macrocuenca.

Ilustración 3.1 Análisis estratégico en el proceso de formulación del plan



Paso 1: Línea Base y SIG

Comprende la elaboración de una línea de base de información por medio de una base de datos y un SIG, así como la identificación de los actores clave para la gestión del recurso hídrico. Este paso constituye el insumo básico para el análisis y las discusiones con expertos y actores clave de la Macrocuena.

Paso 2: Información y Diagnóstico

Involucra la identificación y el análisis detallado de variables clave que generan o pueden generar cambios importantes en la gestión del recurso hídrico y demás recursos naturales de la Macrocuena. También incluye la implementación de una estrategia de participación y negociación que involucre a los actores clave de las cuencas, con el fin de lograr los acuerdos y compromisos entre ellos.

Paso 3: Escenarios tendenciales y Análisis de Dinámica de Sistemas

Consta del diseño de un modelo de dinámica de sistemas que involucra las variables, los actores clave y su relación en la gestión del recurso hídrico dentro de la Macrocuena. Por medio de este modelo se estudia el comportamiento actual de las variables y se examina su evolución en el tiempo de acuerdo a variaciones.

Paso 4: Modelo de Desarrollo Deseado

Representa el proceso de concertación entre los diferentes actores clave, a partir del cual se construye el modelo de desarrollo deseado de la Macrocuena. Este paso constituye el insumo

principal de las propuestas de acuerdo y los lineamientos para la gestión integral del recurso hídrico.

Paso 5: Priorización de Áreas, Usos y Criterios de Calidad

Refleja la definición y el análisis de aquellas variables cuya intervención resulta más efectiva para alcanzar el modelo deseado de Macrocuenca, luego de haber evaluado las relaciones existentes entre las principales variables clave.

Talleres

Se realizó un total de cuatro talleres a lo largo de la Macrocuenca cuyo desarrollo detallado se encuentra en la sección 3.10 del presente capítulo.

Con el fin de concertar el modelo deseado de cada macrocuenca con los actores clave, en cada taller se llevó a cabo el procedimiento metodológico que se muestra a continuación.

En primer lugar, la ruta crítica de los talleres estuvo dividida en unos momentos clave a saber:

Momento 1: Plan Hídrico Nacional y Socialización de la Conformación de los Consejos Ambientales Regionales de Macrocuencas – CARMAC

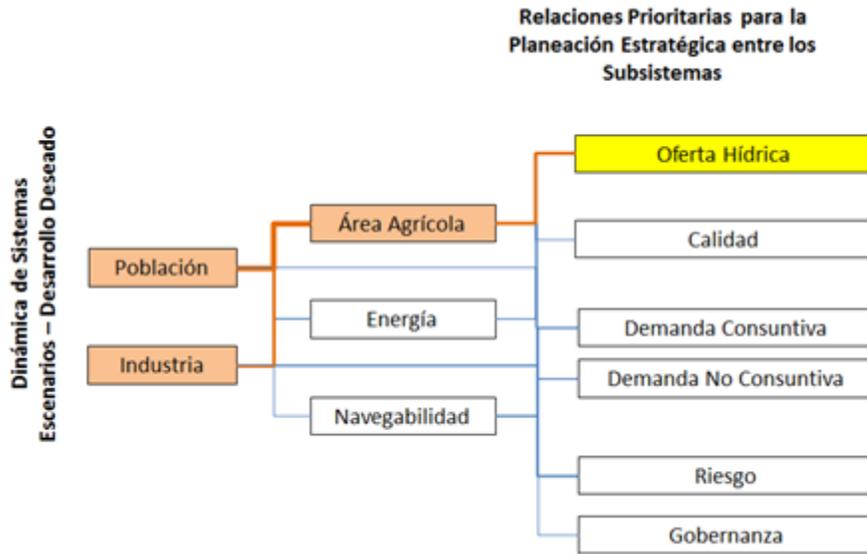
En este momento, el MADS contextualiza a los asistentes al taller en los avances en el proceso de formulación del plan estratégico y en la articulación con los Consejos Ambientales Regionales de Macrocuenca (CARMAC).

Momento 2: Escenarios de desarrollo de la Macrocuenca y temáticas de trabajo

En este momento se presenta a los asistentes del taller los resultados obtenidos a través de la herramienta de dinámica de sistemas: se exhiben los escenarios de desarrollo deseado y las relaciones prioritarias para la planeación estratégica entre los subsistemas.

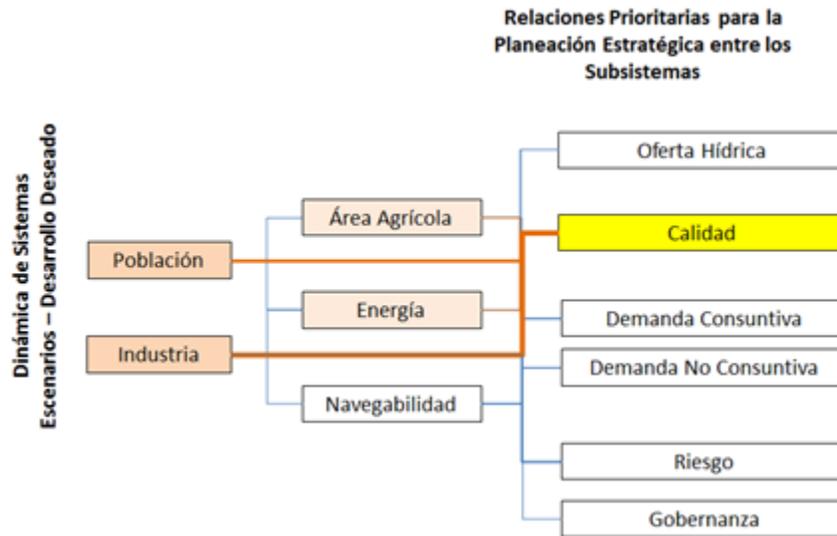
A continuación se presentan los diagramas de las relaciones prioritarias para la planeación estratégica entre subsistemas, según los escenarios de desarrollo deseado para cada una de las dimensiones de la gobernanza del agua:

Ilustración 3.2 Relaciones Prioritarias Escenarios Oferta Hídrica



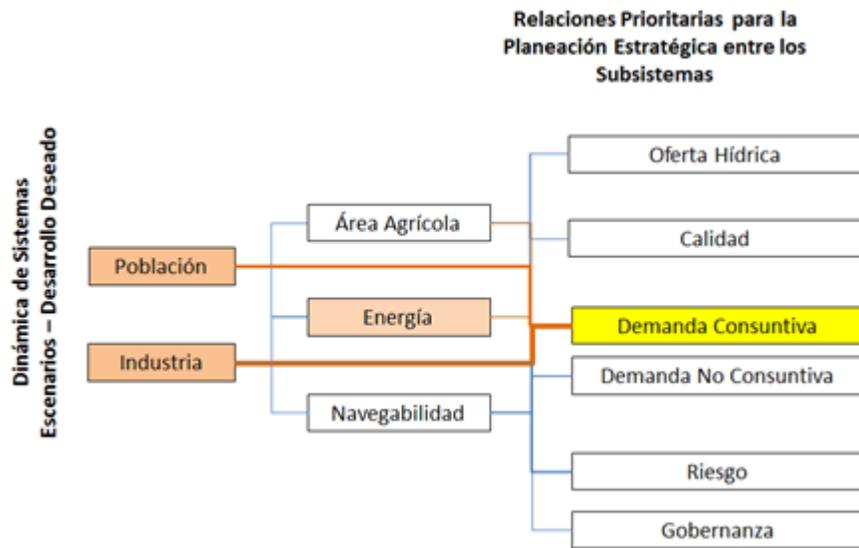
Fuente: UT Macrocuenas

Ilustración 3.3 Relaciones Prioritarias Escenarios Calidad



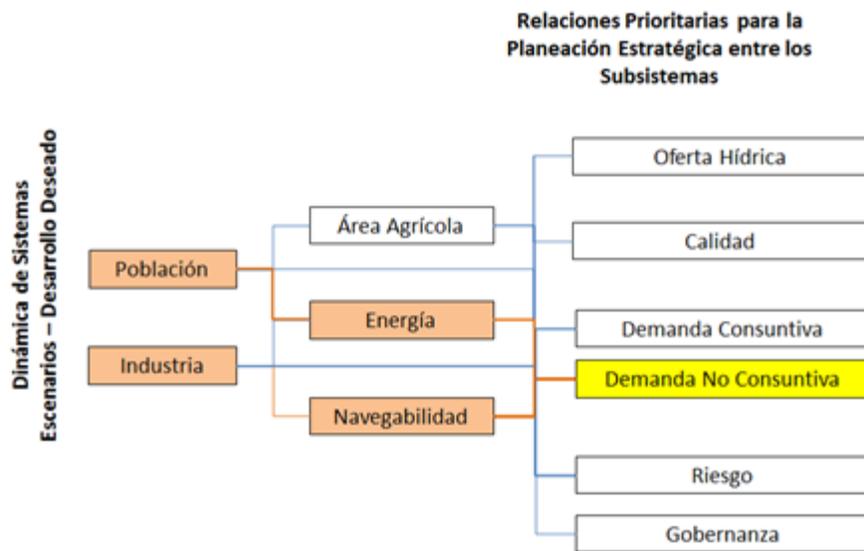
Fuente: UT Macrocuenas

Ilustración 3.4 Relaciones Prioritarias Escenarios Demanda Consuntiva



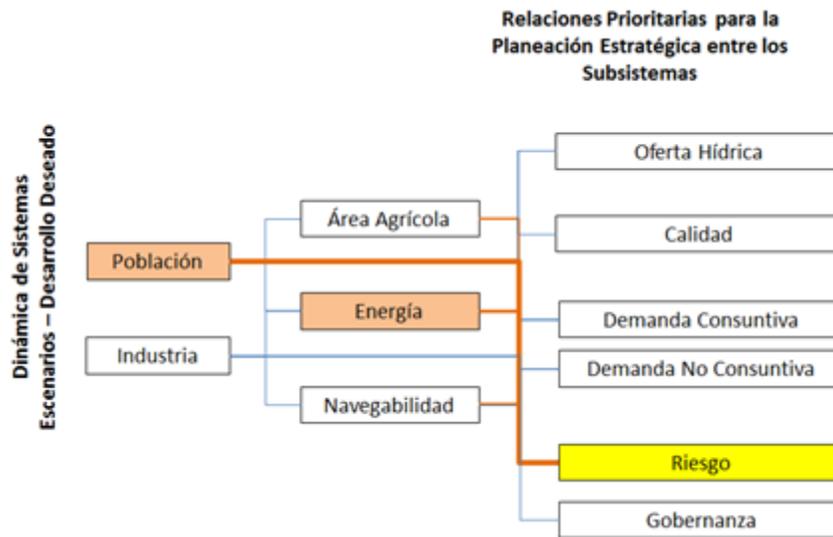
Fuente: UT Macrocuencas

Ilustración 3.5 Relaciones Prioritarias Escenarios Demanda No Consuntiva



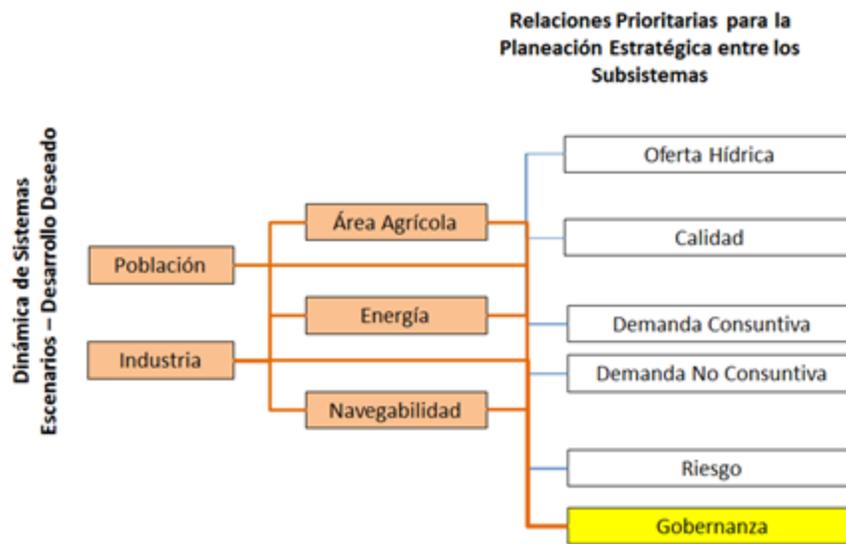
Fuente: UT Macrocuencas

Ilustración 3.6 Relaciones Prioritarias Escenarios Riesgo



Fuente: UT Macrocuencas

Ilustración 3.7 Relaciones Prioritarias Escenarios Gobernanza



Fuente: UT Macrocuencas

Momento 3: Desarrollo de Mesas de trabajo

En este momento el total de asistentes al taller se divide en grupos de trabajo y se les hace entrega de unos documentos técnicos que contienen las temáticas de trabajo para que lean y analicen su contenido.

Cabe señalar que las temáticas de trabajo estuvieron soportados por dos instrumentos: Documentos técnicos y Catálogos de subzonas.

Los documentos técnicos presentados fueron cinco, uno para cada una de las dimensiones de la gobernanza del agua: oferta, demanda, calidad, riesgo y gobernanza. En estos documentos se dio desarrollo a cada interés estratégico enmarcado dentro de su correspondiente subsistema, se planteó la situación actual de la Macrocuenca, las posibilidades de acción y el desarrollo deseado.

A continuación, se presenta un resumen de los temas abarcados en cada documento técnico:

Ilustración 3.8 Resumen Documento Técnico Oferta Hídrica

| Temática | Modelo Dinámica de Sistemas | Interés Estratégico | |
|------------------------------|-------------------------------------|---|---|
| Oferta Hídrica | Subsistema Doméstico | Dinámica Poblacional | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Productividad por unidad de área agrícola y Pecuaria ▪ Expansión de la Frontera Agrícola y Pecuaria ▪ Cambio de Cobertura Natural de las Subzonas Estratégicas ▪ Prioridades de Conservación de los servicios ecosistémicos (Biodiversidad, Pesca, etc.) |
| | Subsistema Industrial Manufacturero | Dinámica Crecimiento Industrial | |
| | Subsistema Agropecuario | Área en cultivos transitorios, permanentes y pastos | |
| | Subsistema de Conservación | Regulación Hídrica | |
| Coberturas Naturales. | | | |
| Prioridades de Conservación. | | | |

Fuente: UT Macrocuencas

Ilustración 3.9 Resumen Documento Técnico Demanda

| Temática | Modelo Dinámica de Sistemas | Interés Estratégico | |
|--------------------------|--|--|---|
| Demanda | Subsistema Doméstico | Dinámica Poblacional | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Reducción de Perdidas Técnicas Sistemas de Abastecimiento ▪ Uso eficiente en el Sector Industrial, Domestico y Agropecuario ▪ Soluciones de Abastecimiento (Almacenamiento, trasvase, etc.) ▪ Localización de la Actividad Agrícola y Pecuaria |
| | | Demanda de Agua Doméstica | |
| | Subsistema Industrial Manufacturero | Demanda de Agua del Sector Industrial Manufacturero. | |
| | Subsistema Industrial Minero | Demanda de Agua del Sector Industrial Minero. | |
| | Subsistema Agropecuario | Demanda de agua en riego del sector agropecuario | |
| | Subsistema de Conservación | Caudal Ecologico | |
| | Subsistema Hidrogeneración | Demanda de Agua No consuntiva para Hidrogeneración | |
| Subsistema Navegabilidad | Kilómetros de canal navegable, Profundidad Efectiva y estabilidad de riberas | | |

Fuente: UT Macrocuencas

Ilustración 3.10 Resumen Documento Técnico Calidad

| Temática | Modelo Dinámica de Sistemas | Interés Estratégico | |
|----------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|---|
| Calidad | Subsistema de Conservación | Servicios Ecosistémicos. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Control de Vertimientos agrupaciones Industriales ▪ Soluciones de Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas ▪ Contaminación difusa ▪ Control de Vertimientos Industria Minera |
| | Subsistema Doméstico | Saneamiento Básico | |
| | | Salud | |
| | Subsistema Agropecuario | Contaminación difusa | |
| | Subsistema Industrial Manufacturero | Vertimientos Industriales | |
| | Subsistema Industrial Minero | Vertimientos Hidrocarburos y Gas | |
| | | Vertimientos Carbón | |
| Vertimientos Minería Oro y Plata | | | |

Fuente: UT Macrocuencas

Ilustración 3.11 Resumen Documento Técnico Riesgo

| Temática | Modelo Dinámica de Sistemas | Interés Estratégico | |
|----------------------------|------------------------------------|--|--|
| Riesgo | Subsistema Doméstico | Dinámica Poblacional | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Localización de los Asentamientos Humanos. ▪ Cobertura Natural de las zonas activas y rondas hídricas. ▪ Regulación hidráulica en infraestructura de almacenamiento. |
| | Subsistema de Conservación | Regulación Hídrica. | |
| | | Coberturas Naturales. | |
| | Subsistema Agropecuario | Área en producción y Productividad por unidad de área de cultivos transitorios, permanentes y pastos | |
| Subsistema Hidrogeneración | Potencial de regulación hidráulica | | |

Fuente: UT Macrocuencas

Ilustración 3.12 Resumen Documento Técnico Gobernanza

| Temática | Modelo Dinámica de Sistemas | Interés Estratégico | |
|------------|-------------------------------------|---|---|
| Gobernanza | Subsistema Doméstico | Organización de la Sociedad Civil y comunidades étnicas | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Coordinación institucional, gremial y de actores sociales. ▪ Seguimiento y monitoreo del plan estratégico. ▪ Identificación y resolución de conflictos alrededor del recurso hídrico. |
| | Subsistema Industrial Manufacturero | Gremios con Interés en las Subzonas | |
| | Subsistema Industrial Minero | Gremios y Empresas Mineras | |
| | Subsistema Agropecuario | Distritos de Riego | |
| | Subsistema de Conservación | Autoridades Ambientales y Organización de la sociedad civil con metas ambientales | |
| | Subsistema Hidrogeneración | Hidrogeneradores | |
| | Subsistema Navegabilidad | Empresas e Instituciones con intereses en el tema. | |

Fuente: UT Macrocuencas

Por su parte, el catálogo de subzonas es un archivo en el que se detallan cartográficamente las cuatro zonas de la Macrocuenca: Catatumbo, Guajira, Litoral y Urabá. Describe cartográficamente las diferentes subzonas hidrográficas que constituyen dicha Macrocuenca y adicional a ello, presenta de manera muy resumida información social, económica, agropecuaria, hídrica y de conservación. Nota: Al presente Informe de Análisis Estratégico se le anexará una versión de dicho catálogo.

Momento 6: Plenaria de conclusiones

Momento designado a la discusión de resultados y retroalimentación con relación al análisis de los escenarios de desarrollo de la Macrocuenca y las temáticas de trabajo para el desarrollo de los Lineamientos Estratégicos y compromisos de los acuerdos Interministeriales.

Página web:

La página web *Macrocuencas* representó un espacio de interacción y retroalimentación constante a lo largo de todo el proceso de concertación y redacción. Dicha página contenía las versiones actualizadas de cada uno de las fases del plan estratégico. Además, permitía a sus usuarios la inclusión de documentos con comentarios, correcciones y demás artículos complementarios, pertinentes a la elaboración del Análisis Estratégico de las Macrocuencas.

Reuniones con expertos:

Se realizó un total de diez reuniones dirigidas a temas específicos con expertos. Durante estas reuniones se discutieron a profundidad temas álgidos para el desarrollo del Plan Estratégico de las Macrocuencas.

A continuación, se presenta una tabla en la que se refieren dichas actividades.

Tabla 3.1 Reuniones con expertos

| Fecha | Actividad | Temática |
|------------|--|---|
| 10/07/2013 | Reunión MADS, ASOCARS, Cormagdalena | Comentarios Avance informe Fase Diagnóstico |
| 16/07/2013 | Reunión MADS | Revisión Metodología Talleres Fase 3, revisión avance informe |
| 22/08/2013 | Reunión MADS, ASOCARS | Revisión informe Fase Análisis Estratégico |
| 02/09/2013 | Videoconferencia Embajada de Holanda | Propósito de los documentos, tema inversiones, cambio cobertura, inundaciones |
| 21/10/2013 | Reunión ASOCARS | Revisión avances informe Fase Diagnóstico, cronograma |
| 22/10/2013 | Reunión MADS, Cormagdalena, DNP, ASOCARS | Estado proyecto, informe Análisis Estratégico |
| 25/10/2013 | Videoconferencia Embajada de Holanda | Revisión Informe final Fase Diagnóstico, Informe Análisis Estratégico |

Fuente: UT Macrocuencas

3.1.1 Oferta

Productividad por unidad de área agropecuaria.

En torno a este interés estratégico, hubo un consenso generalizado entre los diferentes actores que desempeñan un papel clave dentro de la Macrocuenca quienes definieron como punto álgido el mejoramiento de la productividad agrícola y pecuaria para mitigar presiones sobre ecosistemas estratégicos y dar un uso eficiente al recurso hídrico.

Dicho mejoramiento debe caracterizarse por: dar prioridad a la producción de alimentos que garanticen la seguridad alimentaria de la región; implementar proyectos productivos sostenibles, basados en tecnologías y técnicas limpias dentro de áreas de vocación agrícola y pecuaria; promover cambios culturales y sociales a través de capacitaciones en materia de educación ambiental; determinar tasas de uso justas por prestación de servicios medioambientales para todo el sector agropecuario; implementar mayor control y vigilancia ecosistémico mediante los instrumentos de planificación POT.

De igual manera y teniendo en cuenta el crecimiento de la población y la demanda alimenticia, la expansión de la frontera agrícola y pecuaria debe realizarse de manera controlada y eficiente: protegiendo recursos naturales y fuentes hídricas, respetando áreas de interés ambiental de modo que no se afecten ecosistemas estratégicos identificados y priorizados en los POT; considerando la capacidad de los ecosistemas y la vocación agrícola del suelo acompañada de planes de restauración y reforestación ambiental; ponderando la matriz costo-beneficio de servicios medioambientales y la generación de ingresos sectoriales; implementando sistemas productivos ambientalmente sostenibles, con rendimiento óptimo y dotados de distritos de riego tecnificados que aumenten la eficiencia del uso del agua.

Reducir la presión sobre los ecosistemas naturales remanentes en la Cuenca Caribe.

Los actores clave dentro de la Macrocuena coinciden en que los cambios de cobertura natural deben realizarse a partir de estudios de zonificación ambiental, donde la planeación esté orientada a la recuperación del potencial natural y las vocaciones de uso de los suelos propios de la región. Todo esto, orientado a mejorar la calidad de vida de la población inmersa en esas matrices, a la vez que se respalda la regulación de condiciones hidrológicas. Por otro lado, hubo consenso en la necesidad del desarrollo de actividades orientadas a la conservación de los ecosistemas naturales y áreas que se encuentren degradadas.

Se considera decisiva la protección y conservación de zonas estratégicas definidas en el POT y en consecuencia, se consienten cambios de cobertura natural por razones técnicas y de bien colectivo que sean sustentadas. Adicionalmente, se deben incluir dentro de la zonificación ambiental las áreas de importancia estratégica para las cuencas abastecedoras. En este orden de ideas, la mejora en la conectividad ecosistémica debe ser tomada como una prioridad dentro de las subzonas estratégicas, en la medida en que los cambios de cobertura sean restringidos o prohibidos en caso de invasión e intensivos en caso de restauración. De manera complementaria, se plantea la conveniencia de evitar el cambio de coberturas naturales mediante compensaciones a los propietarios de los predios.

Prioridades de conservación de los servicios ecosistémicos (Biodiversidad, Pesca, etc.).

En la Macrocuena los actores clave consensuaron que la identificación, delimitación y ampliación de prioridades de conservación de los servicios ecosistémicos debe apoyarse en la normatividad vigente de ecosistemas estratégicos y en políticas de biodiversidad, ofrecimiento de incentivos, planificación y control actuales o por construir. Dicha priorización debe partir de un análisis concienzudo de la importancia, los objetivos de conservación, representatividad y funcionalidad de los servicios ecosistémicos, de tal forma que se preserve y aproveche de manera sostenible la oferta de recursos naturales.

Entre los grandes intereses de los actores clave se encuentra el desarrollo de programas de reforestación de las cuencas abastecedoras en general y el desarrollo de un plan pesquero y ambiental en la cuenca del río Atrato. La instauración de zonas de reserva para la fauna, la flora y los recursos conexos, al igual que la ejecución de proyectos de conservación de páramos y bosques altos andinos importantes para la prestación de servicios hidrológicos. También se resalta la importancia de tener en cuenta las prioridades de conservación de los servicios ecosistémicos en la planeación, el ordenamiento y la operación de grandes obras como proyectos hidroeléctricos.

3.1.2 Demanda

Teniendo en cuenta el alto porcentaje de demanda de agua por parte de los diferentes sectores se identificaron los siguientes aspectos respecto a la demanda de agua en la Macrocuena que se deberán tener en consideración y que se plantearían como base para el modelo deseado.

Pérdidas en los sistemas de abastecimiento y Uso eficiente del recurso hídrico

Sería necesario controlar las pérdidas técnicas en los sistemas de abastecimiento ya que según consenso entre los actores clave e información aportada por parte de los expertos en cada tema,

se tiene conocimiento que las pérdidas que se están presentando en el sistema de abastecimiento alcanzan el 60%, producto de fraudes, uso clandestino de agua potable, problemas estructurales y tecnologías ineficientes. A medida en que se logre esta meta se va a facilitar el control, seguimiento y aseguramiento de la disponibilidad suficiente del recurso hídrico para el consumo humano en el futuro de forma segura.

Actualmente, los procesos que se están aplicando son muy ineficientes y consumen altas cantidades del recurso hídrico que podrían llevarlo al agotamiento. Por estas razones, se debe realizar un control, vigilancia y modificación de los programas de uso eficiente y ahorro de agua para que se cree una sensibilización sobre el tema sin que se genere un mayor impacto sobre las diferentes actividades en las que se utiliza. Por el lado del sector agropecuario, se debe aumentar la eficiencia del uso de áreas dedicadas a las actividades agropecuarias, ya que de esta forma se incrementa el aprovechamiento eficiente de los sistemas hidrológicos.

El conocimiento integral sobre el recurso hídrico constituye una parte fundamental para su gestión, por esta razón es necesario que se estimen y actualicen las proyecciones de demanda de las grandes ciudades ubicadas en las subzonas y agrupaciones industriales. La actualización de las proyecciones debe hacerse de forma diferenciada entre el sector industrial y el doméstico debido a que el primero tendrá un crecimiento más importante. Al tener en consideración estos aspectos se espera evitar dificultades y retrasos en los procesos de control, ampliación de los sistemas de abastecimiento y regulación del recurso.

3.1.3 Calidad Hídrica

Control de vertimientos industria manufacturera

Con relación a este interés estratégico hubo un consenso generalizado entre los diferentes actores clave de la Macrocuenca, quienes aseveraron que uno de los puntos álgidos con relación al control de vertimientos de la industria manufacturera era el obligatorio el cumplimiento de la legislación existente en materia de vertimientos y en este sentido, el total cumplimiento de los parámetros y estándares establecidos en el Decreto 1594/64.

Otro punto crítico en cuanto a este interés estratégico es la actuación oportuna y tangible de las autoridades ambientales, de modo que la aplicación de normas se haga de manera efectiva o aumente su rigor estableciendo: un mayor control de los permisos ambientales, los límites permisibles en el uso de ciertos químicos, la total prohibición en el vertimiento de metales pesados y la descarga de contaminantes sólo en sitios autorizados. En este sentido, se debe instaurar el empleo de STAR o PTAR en todos los procesos productivos para que se ejecute el correcto tratamiento de aguas residuales in situ antes de su vertimiento a suelos, fuentes hídricas y/o alcantarillados.

Adicional a esto, se propone una articulación entre las autoridades ambientales y las empresas de servicios públicos en las procesos de monitoreo, de tal forma que el control sea georreferenciado y con sistemas de información que permita identificar y verificar la calidad del agua en contraste con la ubicación y el volumen de vertimientos. A la sombra de este control subyace el aumento en

las tasas retributivas por parte de las industrias contaminantes y el aumento los porcentajes de remoción en la industria

Control de vertimientos sector de hidrocarburos y minera

De manera semejante al interés estratégico anterior, los actores clave de la Macrocuenca acordaron que las autoridades ambientales debían dar un control más eficiente y efectivo al cumplimiento de los estándares contenidos en el Decreto 1594/64, en donde se establezcan los límites permisibles en el uso de ciertos químicos que actualmente no se encuentran regulados y se analice la asignación de permisos ambientales en materia de vertimientos.

Los actores, consideraron que la minería ilegal es un aspecto crítico en torno al control de vertimientos por parte de la industria minera, dado que imposibilita la aplicación de normas que regulan o prohíben el uso de sustancias peligrosas como mercurio y cianuro que terminan contaminando en gran medida las fuentes hídricas. Adicionalmente, el modelo deseado debe: Incluir de manera precisa monitoreos periódicos de parámetros de sustancias contaminantes como hidrocarburos, mercurio, carbón, entre otros; implementar tecnologías limpias para la disminución de vertimientos, fijar tasas retributivas justas; promover la formalización minera; vigilar y controlar de manera rigurosa la minería a cielo abierto que se encuentre cerca de ecosistemas estratégicos, y determinar planes de restauración de los ecosistemas afectados por la minería.

Soluciones de tratamiento de aguas residuales domésticas.

Los actores clave de la Macrocuenca determinaron por consenso que el modelo de desarrollo deseado debe partir de una cobertura total de sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas (STAR centralizadas para los centros urbanos y centros poblacionales y, la construcción de pozos sépticos o alcantarillados colectivos a nivel rural. Esto, toda vez que se optimicen los sistemas de tratamiento existentes por medio de capacitación, apoyo económico y creación de alianzas entre las autoridades ambientales y empresas prestadoras de servicios.

De manera complementaria, para hacer efectiva la reducción de sustancias contaminantes se debe prohibir gradualmente la descarga de vertimientos a fuentes hídricas de manera simultánea a la inclusión de tecnología para el tratamiento de aguas y patógenos.

Contaminación difusa en el sector

En cuanto a este interés estratégico, los actores plantearon que en la Macrocuenca se debía controlar el uso de productos agroquímicos de una manera más rígida y con un mejor seguimiento en cuanto a toxicidad y aplicación. Esto con miras a que el uso de agroquímicos prohibidos se suprima completamente y, los niveles de contaminantes y elementos químicos se encuentren dentro de los rangos permitidos, amortiguando la salinización de los suelos.

Un factor crucial en torno a la disminución de la contaminación difusa es la minimización del uso de agroquímicos a través de subsidios o estímulos que fomenten la implementación de prácticas de producción limpia y orgánica, así como los procesos de neutralización de químicos. En concordancia, la introducción de este tipo de modelos productivos verdes en zonas biofísicas y

ecosistemas sostenibles incide directamente en la calidad de vida de las personas de la Macrocuenca y en el uso eficiente del recurso hídrico.

3.1.4 Riesgo asociado al recurso hídrico

Teniendo en cuenta la necesidad de plantear acciones de prevención y mitigación contra los diferentes desastres asociados al agua (inundaciones, avalanchas y deslizamientos) se identificaron los siguientes aspectos que se deberán tener en consideración y que se plantearían como base para el modelo deseado de la Macrocuenca.

Localización de Asentamientos Humanos.

Se realizó un consenso generalizado entre los actores claves y expertos en los temas sobre la necesidad de planear la localización de nuevos asentamientos humanos teniendo en consideración los conocimientos de riesgo en el territorio.

Siguiendo este orden de ideas, en dicho mejoramiento se debe considerar: articulación interinstitucional donde se de apoyo a la zonificación de amenaza y riesgo a nivel de los POT, estructuración de proyectos más acordes con la planificación local, planificación basada en estudios técnicos respecto a la vulnerabilidad de las diferentes zonas y planificación en sectores que cuenten con garantía de infraestructura de servicios públicos en saneamiento básico.

Rondas hídricas y zonas sujetas a inundación.

Sería necesario incrementar la regulación hídrica mediante el aumento de cobertura natural en las rondas hídricas y áreas activas de inundación ya que según consenso entre los actores clave e información aportada por parte de los expertos en cada tema, se tiene conocimiento que el abastecimiento de agua en los sistemas de producción del sector ganadero se hace principalmente de las fuentes hídricas lo cual limita la regeneración de la cobertura natural de estas zonas, proceso fundamental para la regulación hídrica. Esto sucede también por el desconocimiento sobre la delimitación de las rondas hídricas y las zonas sujetas a inundación. Dicha implementación debe contemplar: el fortalecimiento del ordenamiento territorial para las zonas localizadas dentro de las rondas hídricas, definición de criterios sobre responsabilidad y prohibiciones acerca de las rondas hídricas, restitución de las rondas de protección y minimización de las áreas activas de inundación, reforestación con especies nativas de las zonas y delimitación y reconocimiento de las rondas hídricas.

Regulación hidráulica.

Sería necesario controlar la regulación hidráulica en embalses, reservorios, etc., ya que los actores claves concertaron que al mejorar la regulación hidráulica se fortalece la capacidad de afrontar los riesgos naturales y se disminuye la producción de carga de sedimentos en las zonas que aportan tramos de hidrogenación.

Para el mejoramiento de este interés y así mismo teniendo en cuenta la importancia de los embalses para la producción de energía eléctrica, se deben considerar: la articulación y

priorización de medidas estructurales y/o no estructurales para la regulación hidráulica, la realización de campañas y estudios de seguimiento y control.

3.2 MODELO INTEGRADO DE DINÁMICA DE SISTEMAS DE LA MACROCUECNA.

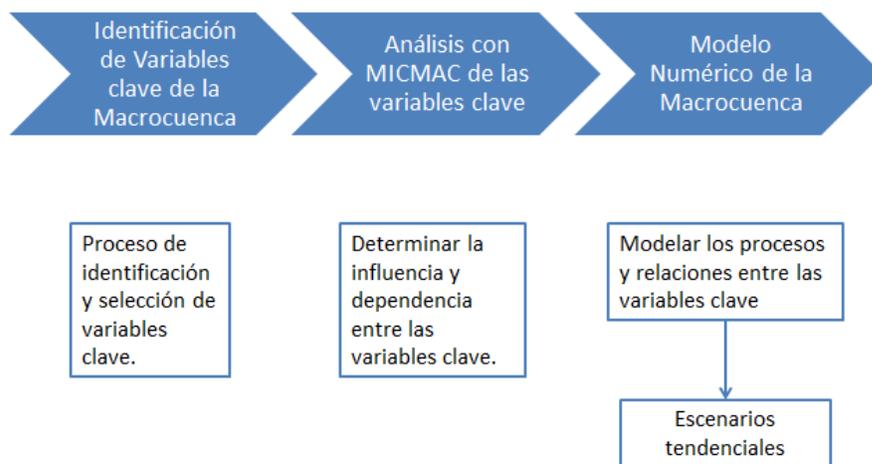
3.2.1 Proceso metodológico y análisis de dinámica de sistemas

Como base fundamental del análisis estratégico de la Macrocuencna, es necesario elaborar un modelo en el cual se integren todas las variables clave identificadas en la fase diagnóstico, con el fin de identificar relaciones estratégicas y puntos de acción para la definición de lineamientos y directrices con relación a la Gestión Integral del Recurso Hídrico y de los demás recursos naturales presentes en la Macrocuencna.

En este orden de ideas, para la elaboración y estructuración del modelo, se revisan las bases de cálculo de dinámica de sistemas y se hace uso de softwares que permitan la integración y el manejo apropiado de las variables. Para el desarrollo del modelo de la Macrocuencna, se utiliza el software Vensim, por dos motivos principalmente, la interfaz e interacción amigable y la licencia gratuita.

Dentro del contexto del Plan Estratégico, en la siguiente ilustración se describe el proceso previo al desarrollo del modelo.

Ilustración 3.13. Proceso metodológico de análisis de la Macrocuencna.



Fuente: UT Macrocuencnas

Los pasos correspondientes a la Identificación de Variables clave y al Análisis con MICMAC de las variables clave, se desarrollaron en la fase de diagnóstico. En esta fase se identificaron 57 variables a partir de análisis de línea base, la primera ronda de talleres y el estudio de estructuras de cálculo, entre otros. Así mismo, tomando como base el Método MICMAC, las variables se clasificaron en cinco categorías de acuerdo a su nivel de influencia y dependencia dentro del sistema.

Con relación al desarrollo del modelo, el análisis de dinámica de sistemas tiene como función:

- Cumplir con el objetivo de **modelar sistemas complejos como las Macrocuencas**
- Mostrar **consecuencias dinámicas** de las interacciones entre variables claves identificadas
- Formulación y evaluación de **escenarios y/o políticas**
- Observaciones de **períodos largos de tiempo**

Así mismo, matemáticamente un modelo en Dinámica de Sistemas se encuentra estructurado por un conjunto de ecuaciones diferenciales del tipo:

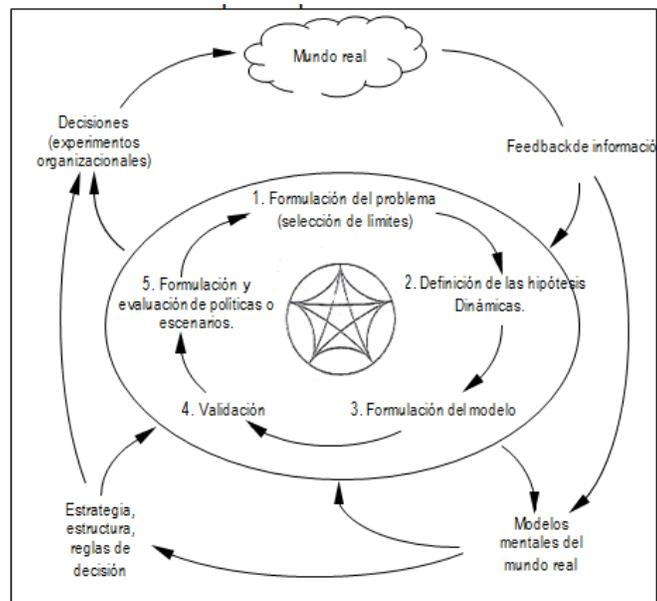
$$\frac{dN_i(t)}{dt} = FE_i(t) - FS_i(t) \quad i=1 \dots n$$

$$N_i(t) = N_i(0) + \int_0^t [FE_i(t) - FS_i(t)] dt$$

Dónde: N representa el valor de una variable en un momento dado t , que es modificada a través del tiempo por el flujo de entrada (FE) y el flujo de salida (FS).

Lo anterior se representa gráficamente en la siguiente ilustración.

Ilustración 3.14. Esquema del proceso de modelación.



Fuente: Adaptado de Sterman (2000, pág. 88)

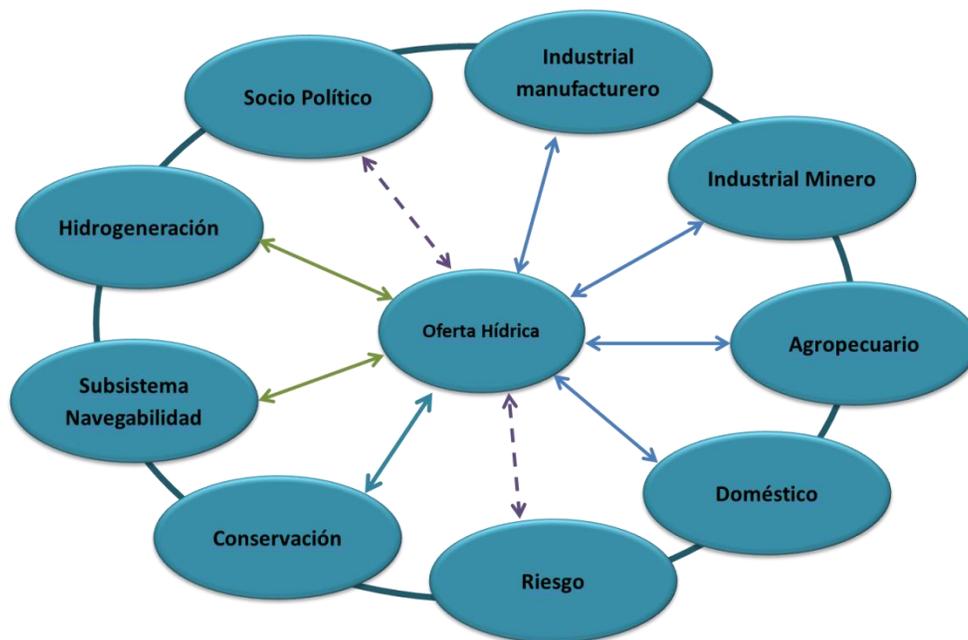
Con base de la información anterior, para el desarrollo y análisis del modelo, las variables se agruparon por subsistemas de acuerdo a su clasificación de influencia y dependencia dentro del MICMAC. Lo anterior, con el fin de analizar particularmente los diferentes sectores que actúan dentro de la Macrocuenca e identificar posibles conflictos, sinergias y las variables sobre las cuales es más efectivo y eficaz realizar acuerdos y/o definir acciones.

Los subsistemas identificados se enumeran a continuación:

- Subsistema Industrial manufacturero.
- Subsistema Industrial minero.
- Subsistema Agropecuario.
- Subsistema doméstico.
- Subsistema de Riesgo.
- Subsistema de conservación.
- Subsistema de navegabilidad.
- Subsistema de hidrogenación.
- Subsistema socio político.

Los 9 subsistemas enumerados abarcan las cuatro dimensiones de la gobernanza del agua y por ende, los sectores que tienen algún tipo de actividad y/o influencia dentro de la Macrocuenca. Así mismo, la relación entre éstos y la oferta hídrica se ilustra a continuación.

Ilustración 3.15. Subsistemas del Modelo de Dinámica de Sistemas para el Análisis Estratégico



Fuente: UT Macrocuencas

A partir de la ilustración anterior, se evidencia que todos los subsistemas están interconectados con la oferta hídrica y entre sí, debido a que el uso del recurso hídrico por parte de un subsistema influye en los demás subsistemas, ya sea directa o indirectamente.

Así mismo, se observa que tanto los subsistemas Socio Político y de Riesgo, como los subsistemas de Hidrogenación y Navegabilidad, se relacionan de manera diferente con la oferta hídrica. Lo anterior, como consecuencia de que el subsistema Socio Político y el de Riesgo no tienen un

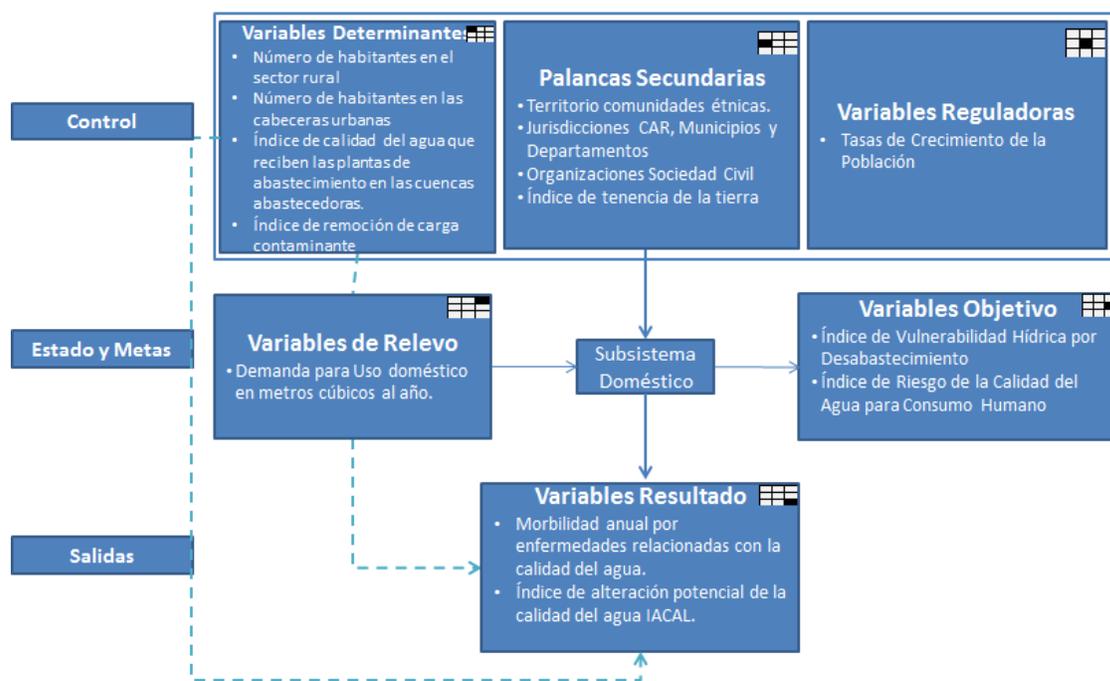
consumo ni un impacto directo sobre la oferta, sino que están relacionados principalmente con el componente de gestión. De otra parte, los subsistemas de Navegabilidad e Hidrogeneración, no tienen un uso consuntivo del agua, como lo tienen los demás subsistemas del modelo.

Los nueve subsistemas identificados para la Macrocuenca, están definidos por variables clasificadas de acuerdo a las categorías MICMAC: Variables determinantes, Variables de relevo, palancas secundarias, variables reguladoras, variables objetivo y variables resultado.

Las variables determinantes corresponden a variables de nivel, las cuales se modifican a través del tiempo o variables constantes, que no tienen modificación. Las variables determinantes son independientes dentro del sistema. De otra parte, las variables de relevo son variables de nivel que se modifican en el tiempo, pero están en función de las variables determinantes. Así mismo, las variables objetivo son variables que representan los intereses estratégicos de los subsistemas y que facilitan el alcance de las variables resultado.

A continuación se presentan las variables clasificadas dentro de las categorías descritas anteriormente para cada subsistema.

Ilustración 3.16. Subsistema Doméstico

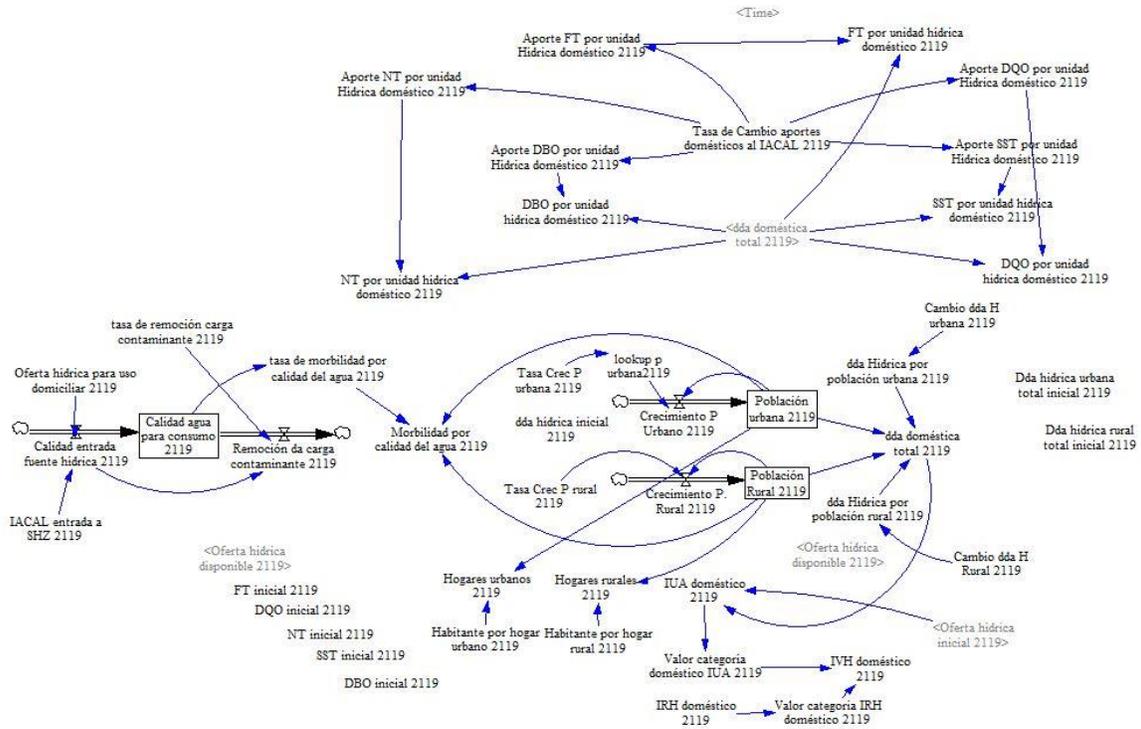


Fuente: UT Macrocuencas

Las variables determinantes del subsistema doméstico corresponden a las variables clave asociadas con la población y variables de calidad que modifican los índices de calidad y de vulnerabilidad del recurso hídrico. Lo anterior, debido a que las variables de población son autónomas dentro del modelo de la Macrocuenca y modifican directamente la demanda para uso doméstico, catalogada como variable de relevo.

Como ejemplo de la interacción de las variables y la modelación de los subsistemas, se presenta la Ilustración 3.17, en la cual se presenta el esquema en Vensim del subsistema doméstico.

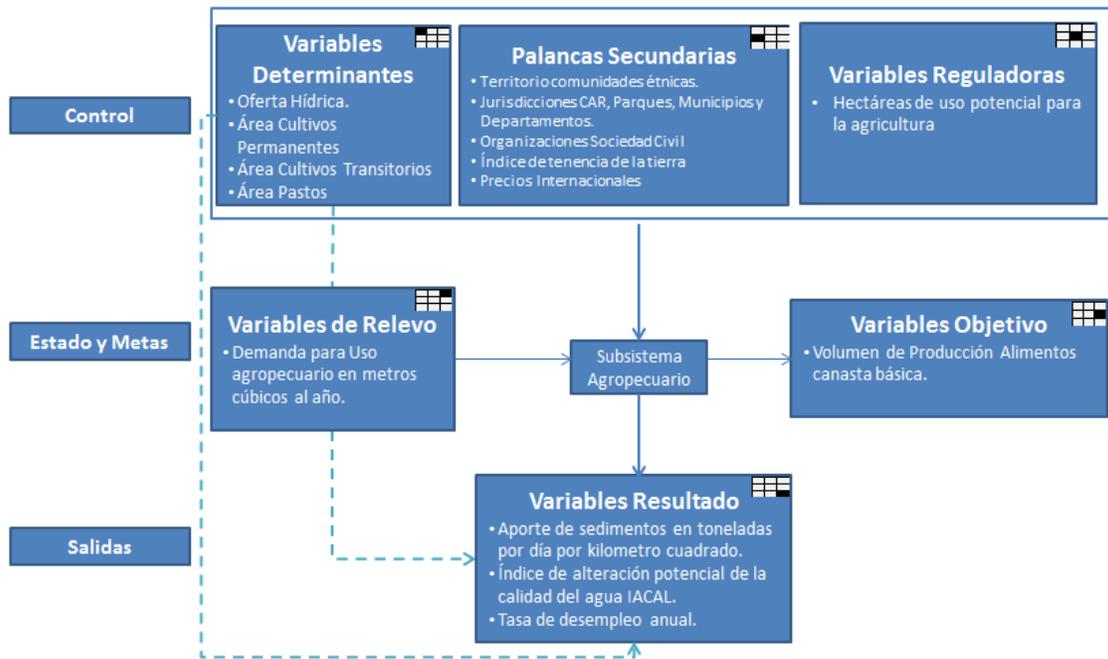
Ilustración 3.17. Subsistema Doméstico modelado en VENSIM.



Fuente: UT Macrocuencas

El subsistema agropecuario se presenta en la siguiente ilustración.

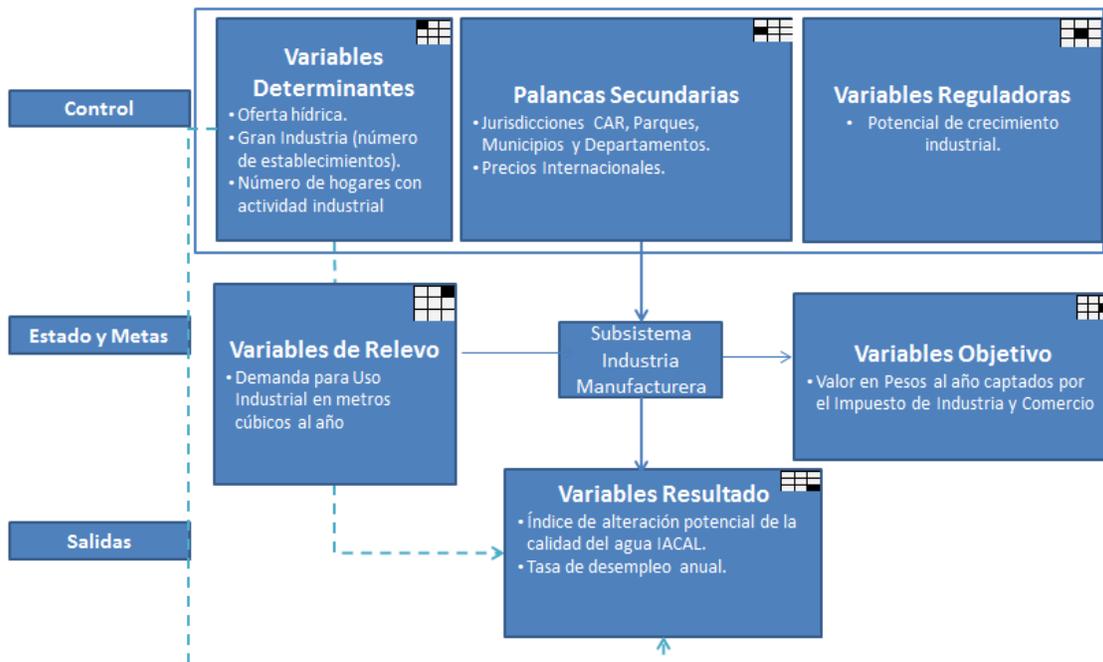
Ilustración 3.18. Subsistema Agropecuario



Fuente: UT Macrocuencas

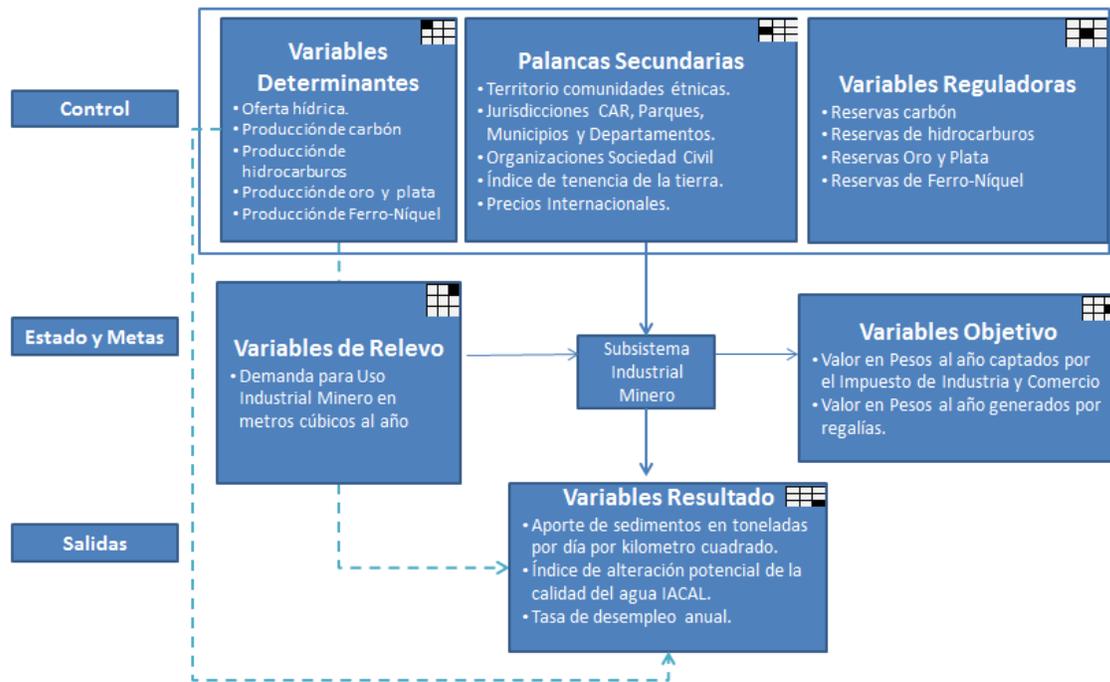
El análisis del subsistema de Industria Manufacturera y de Industria Minera, se muestra en los siguientes esquemas.

Ilustración 3.19. Subsistema Industria Manufacturera



Fuente: UT Macrocuencas

Ilustración 3.20. Subsistema Industrial Minero

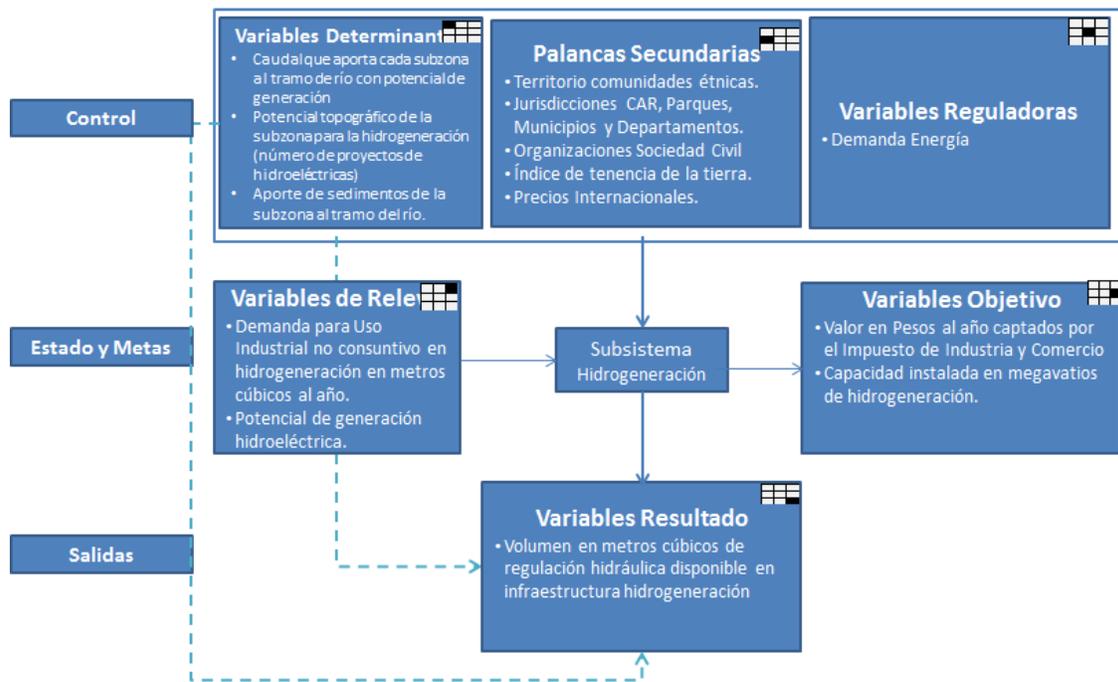


Fuente: UT Macrocuencas

Para estos subsistemas, las variables determinantes corresponden a la oferta hídrica y las variables asociadas con el número de establecimientos de gran y pequeña industria y la producción de carbón, hidrocarburos, entre otros. Este sector, al igual que la población tiene un comportamiento independiente de las demás variables del modelo. Así mismo, la variable objetivo del subsistema industria manufacturera está enfocada en las variables financieras como el ICA y la tasa de desempleo anual y en variables de calidad como el IACAL.

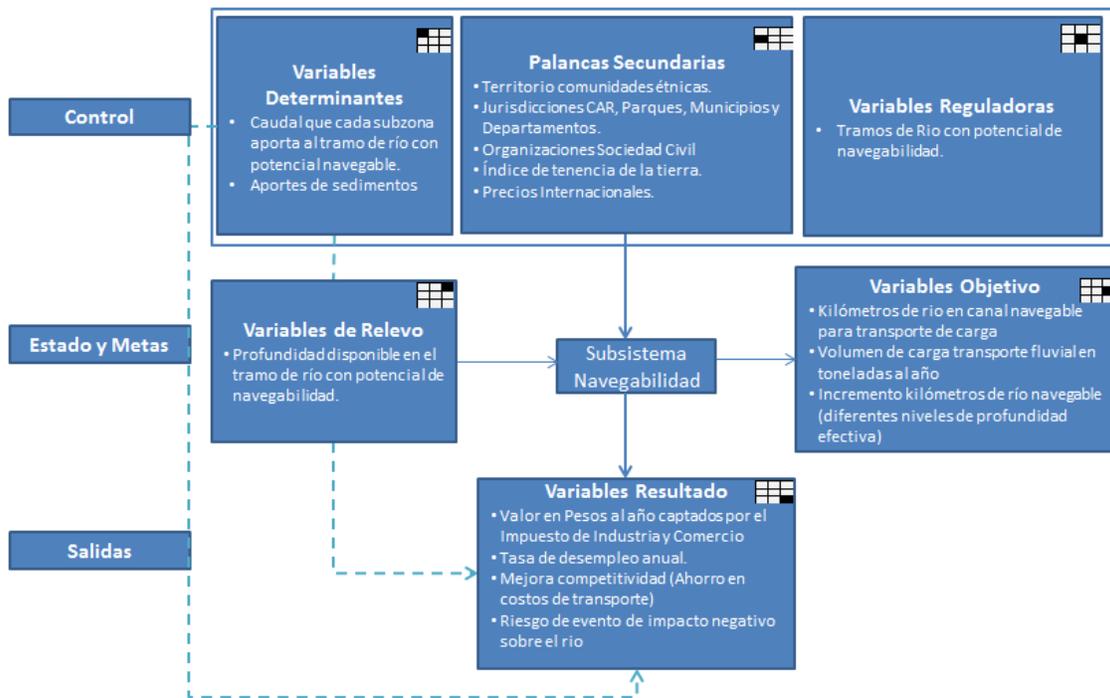
El subsistema de hidrogenación y el subsistema de navegabilidad se presentan a continuación.

Ilustración 3.21. Subsistema Hidrogeneración



Fuente: UT Macrocuencas

Ilustración 3.22. Subsistema Navegabilidad

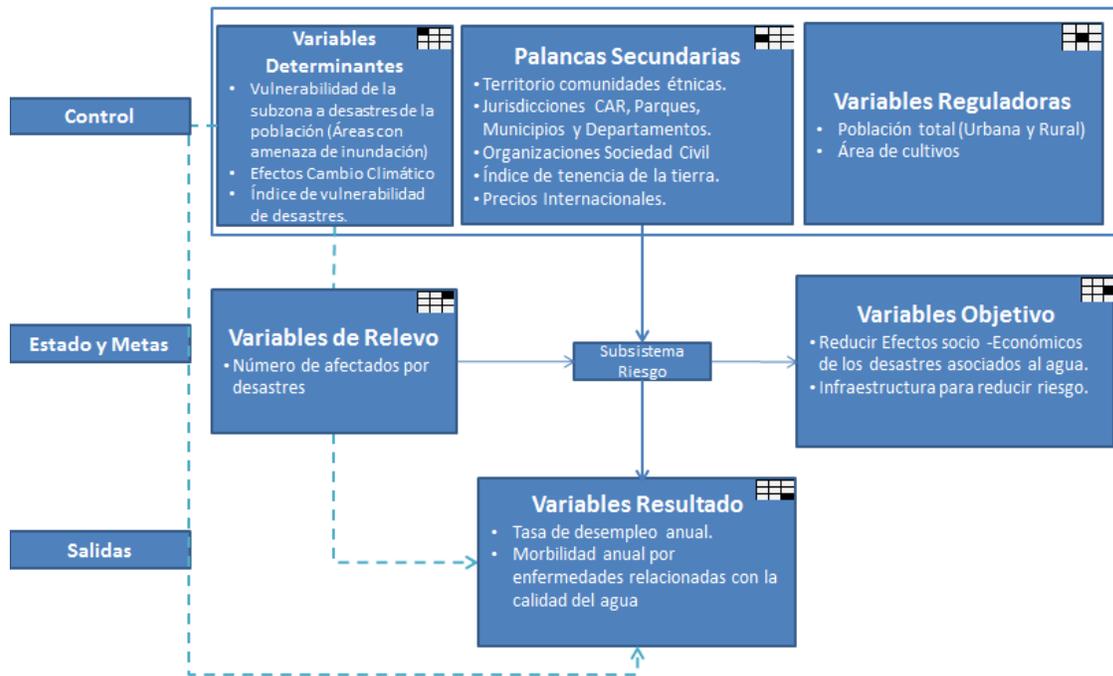


Fuente: UT Macrocuencas

Los subsistemas de hidrogenación y de navegabilidad están determinados principalmente por el aporte de caudales y sedimentos de las subzonas en diferentes tramos del río. A diferencia de las variables determinantes de los subsistemas Doméstico y de Industria, éstas variables pueden ser modificadas por variables como cobertura natural e infraestructura.

El esquema de riesgo se presenta a continuación:

Ilustración 3.23. Subsistema Riesgo

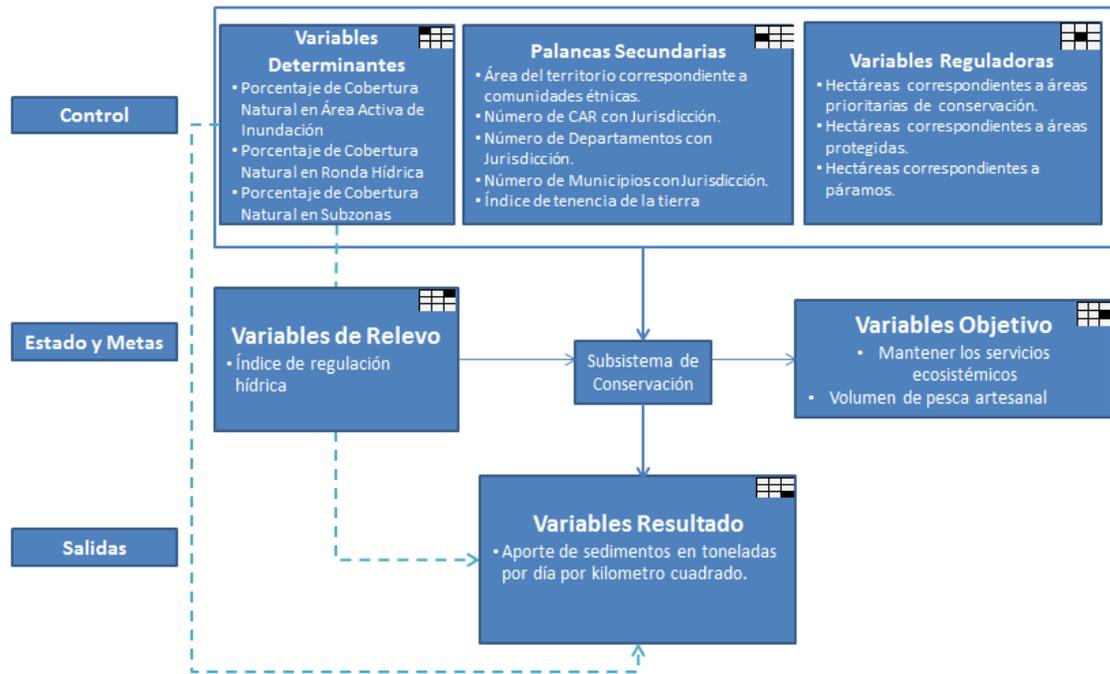


Fuente: UT Macrocuencas

En este subsistema se tiene como variable de análisis principal el número de afectados por desastres. En este caso, inundaciones, deslizamientos y fenómenos de remoción en masa como avenidas torrenciales. Este subsistema se plantea como consecuencia de los efectos de la ola invernal y la importancia de contemplar este componente dentro de la planeación del territorio.

A continuación se presenta el subsistema de conservación.

Ilustración 3.24. Subsistema Conservación

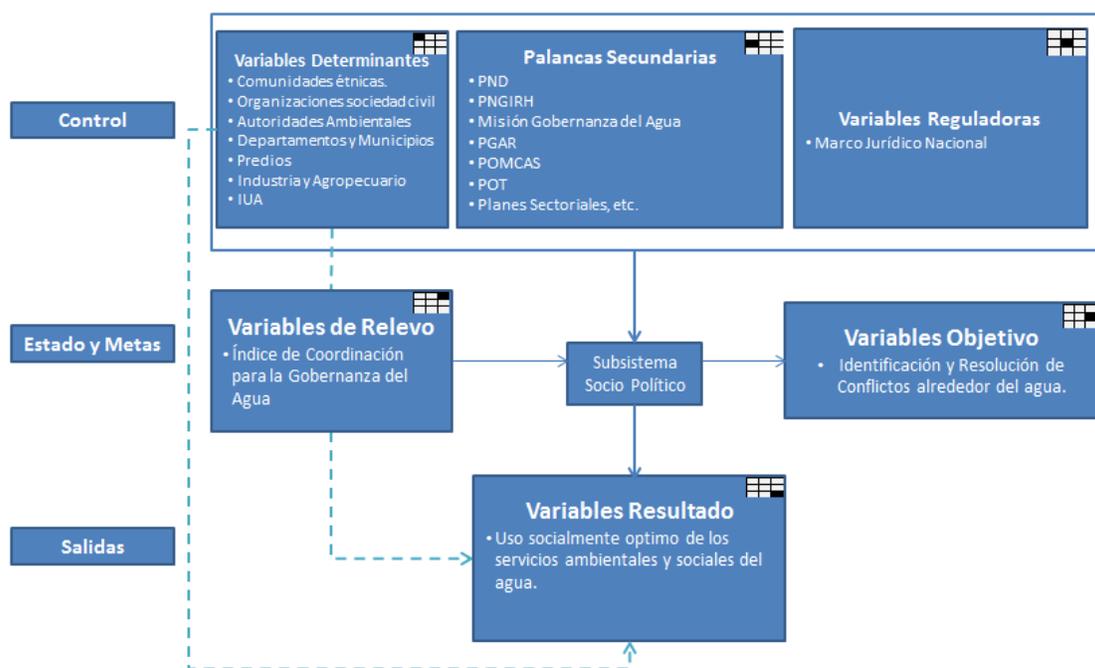


Fuente: UT Macrocuencas

El subsistema de conservación es de vital importancia, ya que de éste derivan los beneficios de protección y regulación hídrica que garantizan el mantenimiento de la oferta hídrica. En este subsistema se tienen en cuenta variables determinantes tales como el porcentaje de cobertura natural en área activa de inundación y el porcentaje de cobertura natural en las subzonas hidrográficas.

Finalmente, se presenta el subsistema socio político.

Ilustración 3.25. Subsistema Socio Político



Fuente: UT Macrocuencas

Este subsistema se encuentra como un subsistema transversal dentro del análisis del modelo, debido a que incluye el componente de la gobernanza del agua y la institucionalidad, lo cual afecta directamente las acciones, políticas y directrices que se deben plantear sobre los subsistemas anteriores.

A partir de la evaluación previa de los subsistemas, se realiza el análisis de influencia de las variables con el fin de determinar las relaciones prioritarias y las variables estratégicas para la toma de acciones y definición de lineamientos.

3.2.2 Análisis de Influencia de las Variables clave

Una vez definidos los subsistemas y las variables que hacen parte de éstos, se utilizan las herramientas de Vensim y se realizan Simulaciones de Cambio Probable (Observados en Pares Comparables) que permitan definir las Relaciones Prioritarias para la Planeación Estratégica entre los Subsistemas.

El análisis de sensibilidad en Vensim, se realiza por medio del método Montecarlo que permite analizar múltiples resultados a partir de la información ingresada en el sistema. El empleo de este tipo de análisis de sensibilidad permite obtener información mediante el uso de modelos matemáticos sobre el comportamiento aleatorio de sistemas reales con base en la identificación de las variables claves, que determinan o afectan el comportamiento global del sistema. Este análisis es efectivo cuando el modelo matemático tiene un alto grado de complejidad, debido a

que permite estudiar las interacciones entre las diferentes variables del sistema (Estadística aplicada básica, David S. Moore, 2005, Antoni Bosch Editores).

El análisis de sensibilidad se realiza con las siguientes condiciones:

- Se seleccionaron las variables claves que tienen mayor influencia sobre los actores a analizar.
- Las variables a tienen una distribución aleatoria uniforme
- Se varió la información entre -25% y 25% de los valores nominales.

Para determinar las temáticas sobre las cuales se realiza el análisis de sensibilidad, se tiene como base los objetivos y las líneas de acción determinadas en la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico:

- Oferta hídrica
- Demanda hídrica
- Calidad hídrica
- Riesgo asociado con el agua

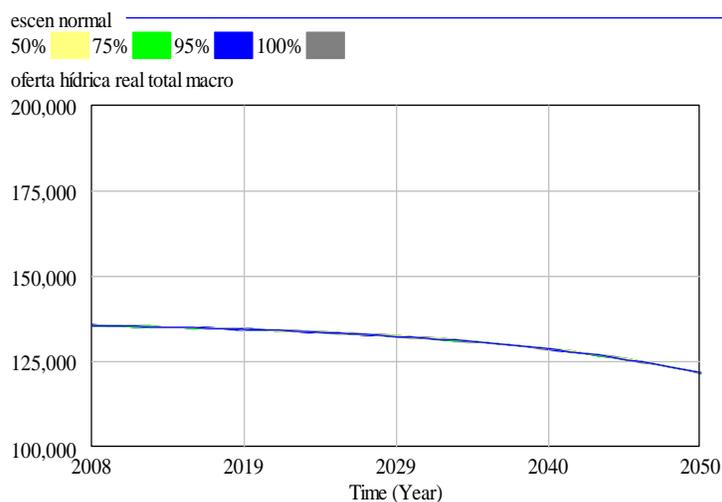
Cabe aclarar que el análisis de Montecarlo no genera per se las soluciones óptimas de las interacciones en el modelo, pero permite inferir que tan relevante es la variable analizada sobre las temáticas analizadas.

Los resultados de las simulaciones se presentan a continuación.

- Oferta hídrica:

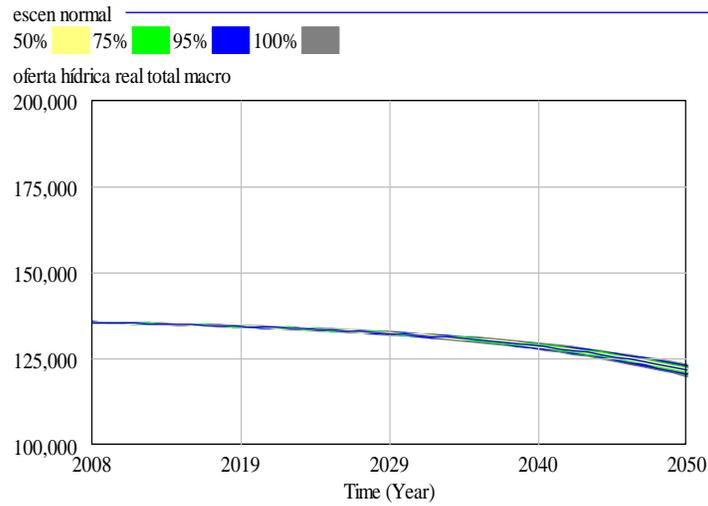
Por medio del análisis de sensibilidad, se evalúa el cambio de la oferta con relación a la demanda doméstica, la demanda industrial y la demanda de riego agropecuario.

Ilustración 3.26. Variación en oferta por demanda doméstica.



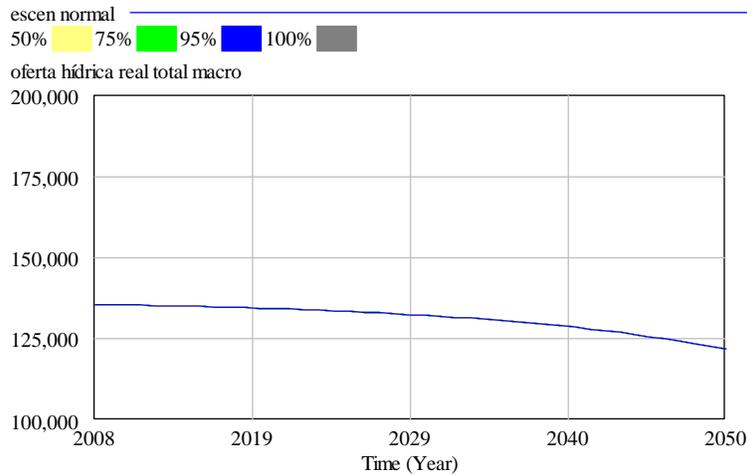
Fuente: UT Macrocuencas

Ilustración 3.27. Variación en oferta por demanda industrial.



Fuente: UT Macrocuencas

Ilustración 3.28. Variación en oferta por riego agropecuario.



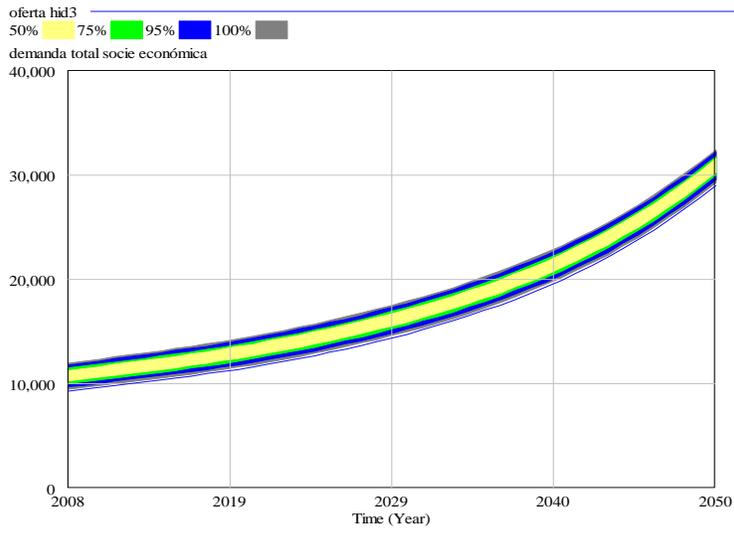
Fuente: UT Macrocuencas

Con base en las ilustraciones anteriores, se observa que hasta el año 2020 aproximadamente, la demanda doméstica es la variable que mayor influencia tiene sobre la disponibilidad de la oferta hídrica. Sin embargo, a partir del año 2020, la demanda industrial se convierte en la variable que genera mayor presión sobre ésta temática.

- Demanda hídrica:

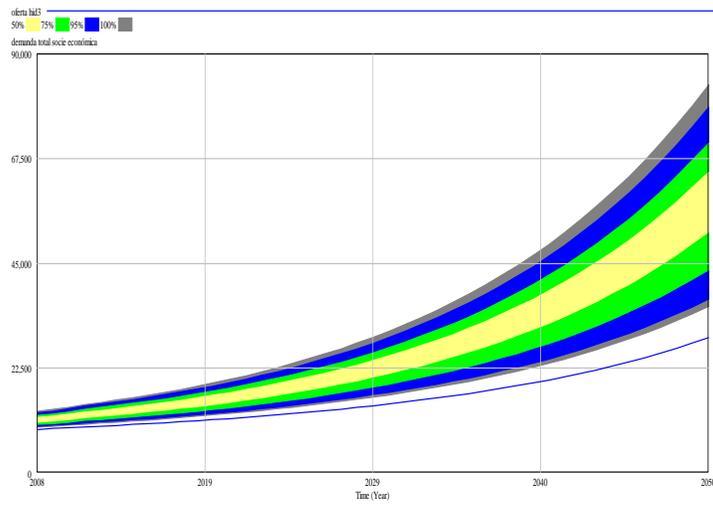
Se realiza el análisis de sensibilidad de los cambios en el uso del agua según para el subsistema doméstico, industrial y agropecuario.

Ilustración 3.29. Variación demanda doméstica.



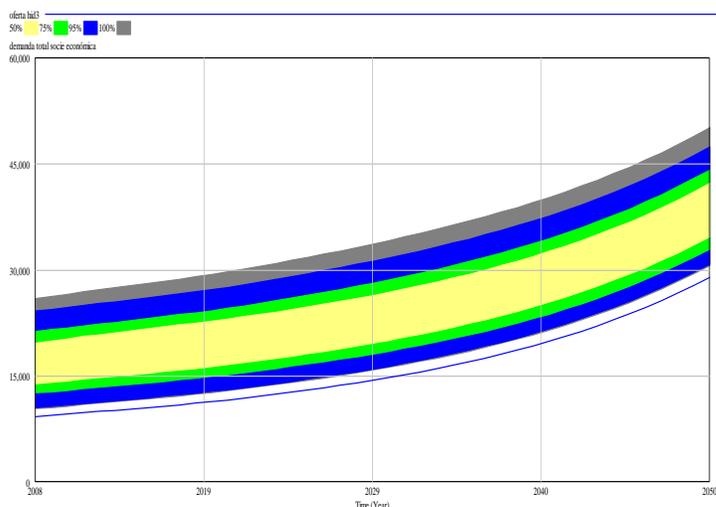
Fuente: UT Macrocuencas

Ilustración 3.30. Variación demanda industrial.



Fuente: UT Macrocuencas

Ilustración 3.31. Variación demanda riego agropecuario.



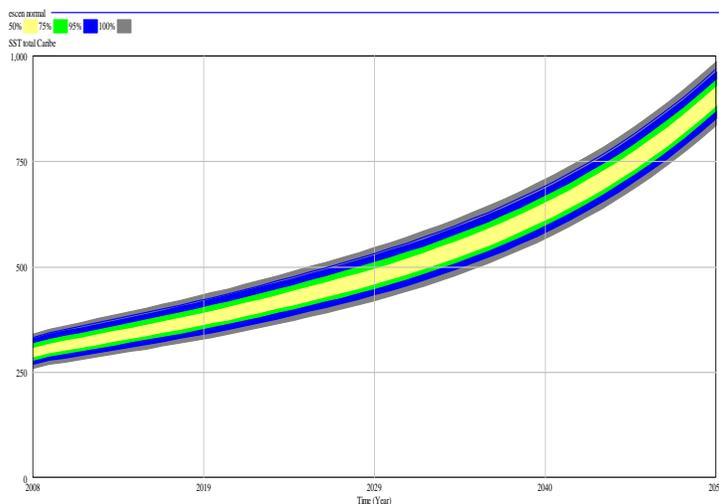
Fuente: UT Macrocuencas

Con base en las ilustraciones anteriores se evidencia que la demanda industrial es la variable que mayor cambio tiene durante el período de análisis hasta el año 2050. De otra parte, la demanda doméstica y la de riego presentan un comportamiento uniforme. Lo anterior, es consistente con los crecimientos estimados para estos sectores en la fase de diagnóstico.

- Calidad hídrica:

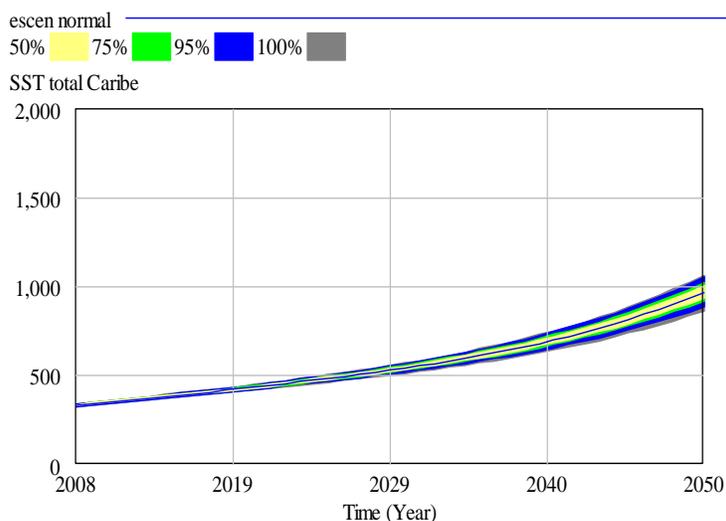
Con el fin de determinar el subsistema que mayor influencia tiene sobre la temática de calidad, se analiza el aporte del parámetro de Sólidos Suspendidos Totales por parte del sector doméstico y del industrial.

Ilustración 3.32. Variación en aporte de SST doméstico.



Fuente: UT Macrocuencas

Ilustración 3.33. Variación en aporte de SST industrial.



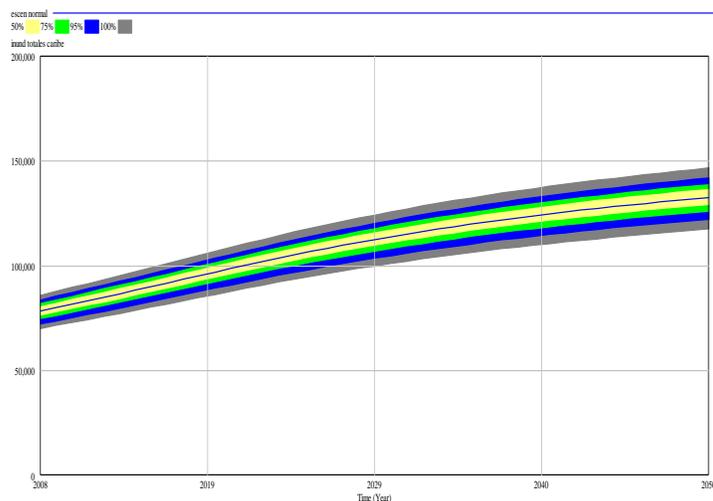
Fuente: UT Macrocuencas

Con relación a la temática de calidad, se evidencia que el aporte del sector doméstico genera mayor presión que el aporte del sector industrial. Sin embargo, es importante resaltar que a partir del año 2030 el aporte del sector industrial aumenta.

- Riesgo:

Para el análisis del riesgo asociado con el agua, se evalúa la variación en la inversión en costos de mitigación.

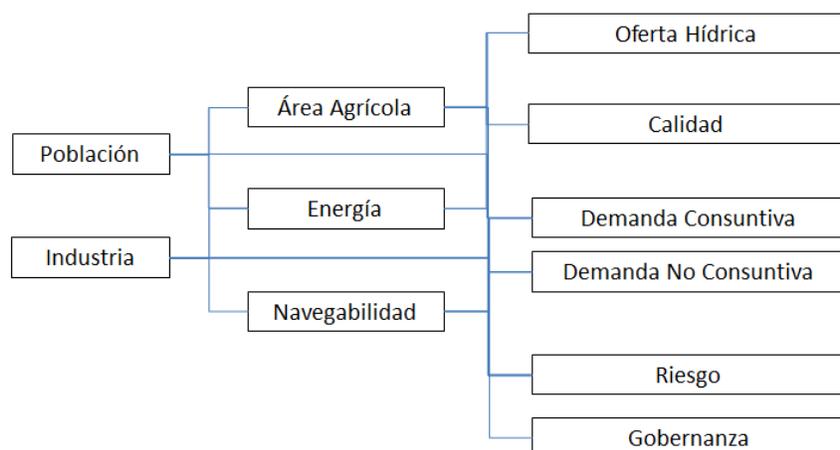
Ilustración 3.34. Variación en la inversión en costos de mitigación



Fuente: UT Macrocuencas

Como resultado del análisis de influencia se determinan las siguientes relaciones prioritarias para la planeación estratégica entre los subsistemas.

Ilustración 3.35. Relaciones prioritarias para la planeación estratégica entre los subsistemas.



Fuente: UT Macrocuencas

Finalmente, de acuerdo al esquema presentado en la ilustración anterior, se determinan los subsistemas que tienen mayor influencia sobre las cuatro temáticas descritas.

3.2.3 Definición de Intereses estratégicos

Con base en el proceso metodológico descrito previamente y mediante el análisis de influencia de las variables clave, se identifican los intereses estratégicos de cada temática. Para estos intereses es necesario desarrollar medidas de acción y/o lineamientos y directrices con el fin de garantizar la gestión integral del recurso hídrico y de los demás recursos naturales.

En la siguiente tabla se presenta la temática de oferta hídrica y los intereses estratégicos identificados.

Tabla 3.2. Intereses Estratégicos para Oferta hídrica

| Temática | Modelo Dinámica de Sistemas | Interés Estratégico | |
|----------------|-------------------------------------|---|---|
| Oferta Hídrica | Subsistema Doméstico | Dinámica Poblacional | <ul style="list-style-type: none"> Productividad por unidad de área agrícola y Pecuaria Expansión de la Frontera Agrícola y Pecuaria Cambio de Cobertura Natural de las Subzonas Estratégicas Prioridades de Conservación de los servicios ecosistémicos (Biodiversidad, Pesca, etc.) |
| | Subsistema Industrial Manufacturero | Dinámica Crecimiento Industrial | |
| | Subsistema Agropecuario | Área en cultivos transitorios, permanentes y pastos | |
| | Subsistema de Conservación | Regulación Hídrica | |
| | | Coberturas Naturales. | |
| | Prioridades de Conservación. | | |

Fuente: UT Macrocuencas

Con base en la tabla anterior, se observa que el subsistema que mayor influencia tiene dentro de los campos de acción en la temática de Oferta hídrica, corresponde al subsistema agropecuario como consecuencia del componente de expansión de frontera y su relación directa con la reducción del área de cobertura natural y por ende, de la regulación hídrica y la oferta hídrica.

Para la temática de calidad, en la siguiente tabla se identificaron los siguientes intereses estratégicos.

Tabla 3.3. Intereses Estratégicos para Calidad hídrica

| Temática | Modelo Dinámica de Sistemas | Interés Estratégico | |
|----------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|---|
| Calidad | Subsistema de Conservación | Servicios Ecosistémicos. | <ul style="list-style-type: none"> • Control de Vertimientos agrupaciones Industriales • Soluciones de Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas • Contaminación difusa • Control de Vertimientos Industria Minera |
| | Subsistema Doméstico | Saneamiento Básico | |
| | | Salud | |
| | Subsistema Agropecuario | Contaminación difusa | |
| | Subsistema Industrial Manufacturero | Vertimientos Industriales | |
| | Subsistema Industrial Minero | Vertimientos Hidrocarburos y Gas | |
| Vertimientos Carbón | | | |
| Vertimientos Minería Oro y Plata | | | |

Fuente: UT Macrocuencas

Teniendo en cuenta el análisis de influencia de las variables clave, se identificaron los subsistemas doméstico y de industria como los subsistemas con mayor posibilidad de acción frente al tema de la calidad del recurso hídrico en las Macrocuencas. Lo anterior indica que mejoras en políticas de control de vertimientos y/o reducciones en los mismos, genera un impacto positivo en la calidad. Así mismo, la implementación y/o incremento en los sistemas de tratamiento de aguas residuales, se convierte en un interés estratégico frente a ésta temática.

Para la temática de demanda hídrica, se enumeran los siguientes intereses estratégicos.

Tabla 3.4. Intereses Estratégicos para Demanda hídrica

| Temática | Modelo Dinámica de Sistemas | Interés Estratégico | |
|--------------------------|--|--|---|
| Demanda | Subsistema Doméstico | Dinámica Poblacional | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Reducción de Pérdidas Técnicas Sistemas de Abastecimiento ▪ Uso eficiente en el Sector Industrial, Domestico y Agropecuario ▪ Soluciones de Abastecimiento (Almacenamiento, trasvase, etc.) ▪ Localización de la Actividad Agrícola y Pecuaria |
| | | Demanda de Agua Doméstica | |
| | Subsistema Industrial Manufacturero | Demanda de Agua del Sector Industrial Manufacturero. | |
| | Subsistema Industrial Minero | Demanda de Agua del Sector Industrial Minero. | |
| | Subsistema Agropecuario | Demanda de agua en riego del sector agropecuario | |
| | Subsistema de Conservación | Caudal Ecológico | |
| | Subsistema Hidrogeneración | Demanda de Agua No consuntiva para Hidrogeneración | |
| Subsistema Navegabilidad | Kilómetros de canal navegable, Profundidad Efectiva y estabilidad de riberas | | |

Fuente: UT Macrocuencas

Para la temática de demanda hídrica y el análisis presentado en la Ilustración 3.29, Ilustración 3.30 y la Ilustración 3.31 , se observa que el subsistema de industria y el subsistema agropecuario corresponden a los subsistemas que mayor porcentaje de agua demandan para sus actividades. Por lo anterior, es importante no solamente implementar medidas en las que se use de manera eficiente el agua para estos sectores, sino garantizar la disponibilidad de agua para el sector doméstico, el cual corresponde al subsistema prioritario en el abastecimiento de agua, mediante la reducción de pérdidas técnicas y la implementación de medidas de almacenamiento, entre otras.

En la siguiente tabla se presentan los intereses estratégicos de la temática de Riesgo.

Tabla 3.5. Intereses Estratégicos para Riesgo asociado al agua

| Temática | Modelo Dinámica de Sistemas | Interés Estratégico | |
|----------------------------|------------------------------------|--|--|
| Riesgo | Subsistema Doméstico | Dinámica Poblacional | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Localización de los Asentamientos Humanos. ▪ Cobertura Natural de las zonas activas y rondas hídricas. ▪ Regulación hidráulica en infraestructura de almacenamiento. |
| | Subsistema de Conservación | Regulación Hídrica. | |
| | | Coberturas Naturales. | |
| | Subsistema Agropecuario | Área en producción y Productividad por unidad de área de cultivos transitorios, permanentes y pastos | |
| Subsistema Hidrogeneración | Potencial de regulación hidráulica | | |

Fuente: UT Macrocuencas

Los intereses estratégicos de la temática de riesgo se asocian con la implementación de medidas estructurales y no estructurales, las cuales se relacionan tanto con obra gris como con incremento de cobertura natural.

Finalmente, como temática transversal en el proceso de modelación de la Macrocuena, se encuentra la Gobernanza del agua, el cual afecta a todos los actores clave involucrados y por lo tanto, a todos los subsistemas que hacen parte del modelo presentado en la Ilustración 3.15. Teniendo en cuenta los intereses estratégicos identificados para las temáticas previas y el análisis de los subsistemas, se presentan los intereses para la temática en mención.

Tabla 3.6. Intereses Estratégicos para Gobernanza del agua

| Temática | Modelo Dinámica de Sistemas | Interés Estratégico | |
|------------|-------------------------------------|---|---|
| Gobernanza | Subsistema Doméstico | Organización de la Sociedad Civil y comunidades étnicas | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Coordinación institucional, gremial y de actores sociales. ▪ Seguimiento y monitoreo del plan estratégico. ▪ Identificación y resolución de conflictos alrededor del recurso hídrico. |
| | Subsistema Industrial Manufacturero | Gremios con Interés en las Subzonas | |
| | Subsistema Industrial Minero | Gremios y Empresas Mineras | |
| | Subsistema Agropecuario | Distritos de Riego | |
| | Subsistema de Conservación | Autoridades Ambientales y Organización de la sociedad civil con metas ambientales | |
| | Subsistema Hidrogeneración | Hidrogeneradores | |

| Temática | Modelo Dinámica de Sistemas | Interés Estratégico | |
|----------|-----------------------------|--|--|
| | Subsistema Navegabilidad | Empresas e Instituciones con intereses en el tema. | |

Fuente: UT Macrocuencas

Con base en la tabla anterior y el análisis de instrumentos como la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico, se observa que los intereses estratégicos frente a la institucionalidad y la gobernanza del agua, se relacionan principalmente con el componente de coordinación entre instrumentos y actores de los diferentes gremios. Por consiguiente, se plantean intereses asociados con aspectos de seguimiento, monitoreo e identificación de conflictos alrededor del recurso hídrico.

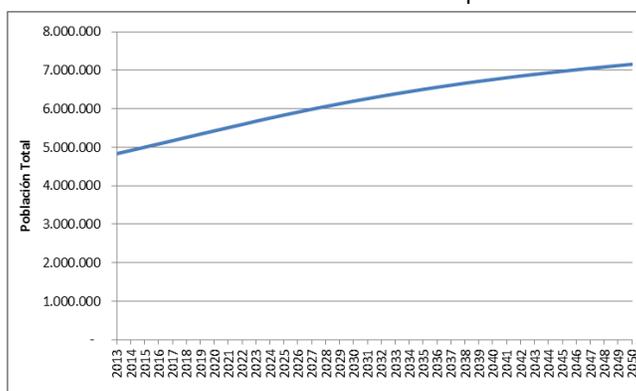
3.3 ESCENARIOS TENDENCIALES.

A partir de la identificación de los temas más importantes para la gestión integral del recurso hídrico de la Macrocuenca, se realizó un análisis para cada variable clave. En este sentido se examinaron las dinámicas actuales que afectan a cada variable, las posibilidades de acción para la gestión de cada variable y los escenarios de desarrollo futuro.

Como primera medida resulta necesario establecer cómo van a ser las dinámicas de tres variables que afectan transversalmente a las variables claves, estas son crecimiento de la población, crecimiento de la producción industrial y crecimiento del sector agropecuario.

Con base en la información y las proyecciones previamente realizadas por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), se estima el crecimiento de la población en la Macrocuenca.

Ilustración 3.36. Crecimiento de la población



Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de (DANE)

En la Ilustración 3.36 se observa que la población total de la Macrocuenca para el año 2013 es cercana a 5 millones de personas, y va a llegar a superar los 7 millones para el año 2050, lo que representa un crecimiento del 32%. Este crecimiento poblacional deberá verse acompañado de

un aumento en la oferta de productos agropecuarios de la canasta básica de alimentos para mantener la seguridad alimentaria del país.

De igual manera, con base en los datos del Banco Mundial y el DANE, se realiza la proyección del PIB Industrial a partir del comportamiento económico internacional y la recomposición económica de Colombia. Para el cálculo de la proyección se utiliza la siguiente metodología:

- I. **Proyección del comportamiento económico a la luz de la evidencia internacional-recomposición económica de Colombia:** Se analizan las tasas de crecimiento promedio en Agricultura, Industria y Servicios de un grupo de países con PIB similar al de Colombia y se asume que el comportamiento de estas tasas serán similares a las de dichos países.
- II. **Proyección de sectores socioeconómicos:** Se realiza a partir de los siguientes pasos de cálculo:
 - Proyección del PIB per cápita del país a partir de la información calculada por el DANE,
 - Cálculo del Crecimiento Deflactor del PIB (cociente entre los crecimientos del *PIB nominal* y el *PIB real* que permite desagregar las series en sus dos componentes de precios y cantidades
 - Cálculo del PIB Nominal
 - Cálculo PIB per cápita
- III. **Cálculo de la participación de los sectores económicos:** Agricultura, Industria y Servicios en el PIB per cápita de Colombia: Se calcula un gradiente que da la variación de la participación de cada sector “*Gradiente escalones.*”

$$GE_{ij} = (PP_{ijk+1} - PP_{ijk}) * \left(\frac{(PCR_j - PCP_{jk})}{(PCP_{jk+1} - PCP_{jk})} \right)$$

Dónde:

GE_{ij} = Gradiente escalones para el sector económico i ($i= 1, 2,3$) en el año j .

PP_{ijk} =Participación promedio del sector económico i en el PIB per cápita promedio, en el año j , para el rango de PIB per cápita promedio k ($k=1..7$). Existen 7 rangos donde el primero va de \$ 0-\$1.000 dólares, y el último de \$40.000 dólares en adelante.

PCR_j = PIB per cápita real del país en el año j .

PCP_{jk} = PIB per cápita promedio en el año j , en el rango k .

- IV. **Distribución municipal de la ubicación poblacional y de la producción industrial y de servicios, según ICA:**

$$\%PIB_{ij} = \frac{ICA_i}{\sum_i^N ICA_i} * PIB_{Nacional} * \%S_j$$

Dónde:

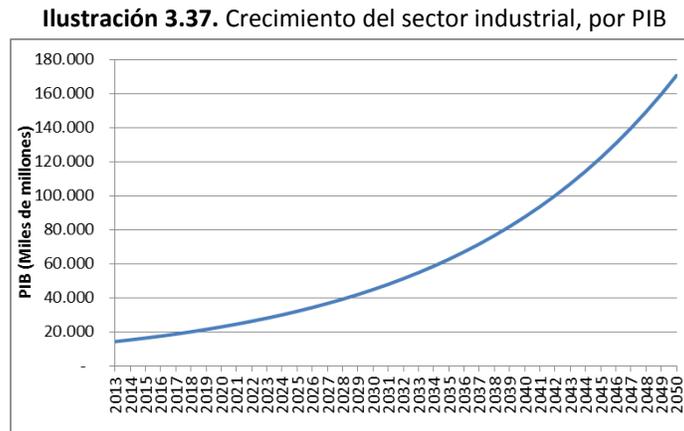
$\%PIB_{ij}$ = Producto Interno Bruto para la cabecera municipal i para el sector j .

ICA_i = Valor total de recaudo del Impuesto de Industria y Comercio para la cabecera municipal i .

$PIB_{Nacional}$ = Valor total del producto interno bruto nacional colombiano.

$\%S_j$ = Participación del sector j en la economía (Sector industrial y de servicios).

Finalmente, se obtiene el crecimiento del PIB Industrial en las subzonas de la Macrocuena.

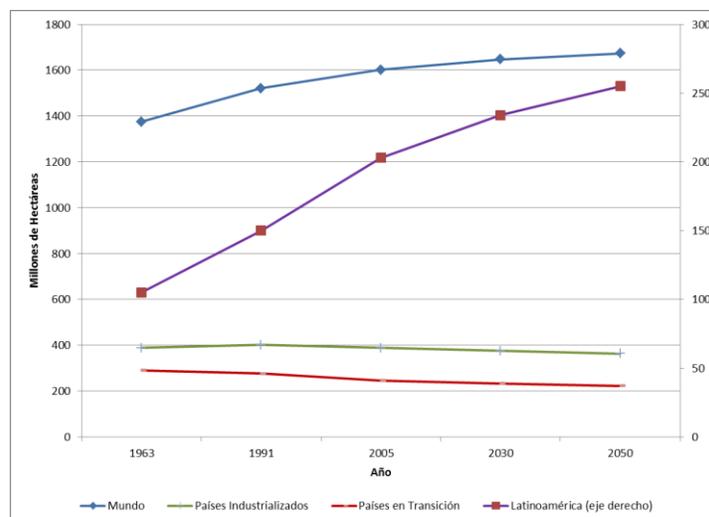


Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información del DANE y Banco de la República.

En la Ilustración 3.37 se observa que el producto interno bruto debido al sector industrial va a crecer de forma exponencial, pasando de 14 mil millones de pesos a cerca de 170 mil millones de pesos para el año 2050. Parte de este crecimiento industrial se sustenta en productos agropecuarios como insumos en la cadena industrial.

Este crecimiento poblacional e industrial se verá acompañado de un crecimiento de las áreas agropecuarias para suplir la demanda doméstica de alimentos y la demanda de insumos industrial. Según (Bruinsma, 2009), hasta el 2050, contando con un aumento de la población mundial del 40% y el consumo promedio hasta 3130 kilocalorías, los países en desarrollo van a tener que duplicar casi su producción agropecuaria. El 80% de este incremento en producción ha de venir, para países subdesarrollados, a través del aumento en la productividad de cultivos y por medio de la expansión de la frontera agrícola.

Ilustración 3.38. Suelo arable 1963-2050



Fuente: (Bruinsma, 2009)

Por otra parte, de las 1.8 billones de hectáreas con potencial agrícola que aún no se explotan y que están en países en vías de desarrollo, la mitad está concentrada en sólo 7 países (Brasil, República Democrática del Congo, Angola, Sudán, Argentina, Bolivia y Colombia). Cabe resaltar que las proyecciones señaladas en (Bruinsma, 2009) no incluyen temas como aumento en la producción de biodiesel, reducción de desnutrición o privación de alimentos, etc.

La industria que más amenaza con expandir la frontera agrícola mundialmente es la de los biocombustibles, cuyos mayores productores en el 2012 fueron Brasil, Estados Unidos y la Unión Europea. Para Brasil, puede llegar a expandir en 9% el área cultivada de caña de azúcar (OECD-FAO, 2012).

Con relación a las áreas agropecuarias de la Macrocuena Caribe, es importante destacar que equivalen al 12% del total de áreas agropecuarias del país. Las áreas agropecuarias actuales en las cinco Macrocuencas se presentan a continuación.

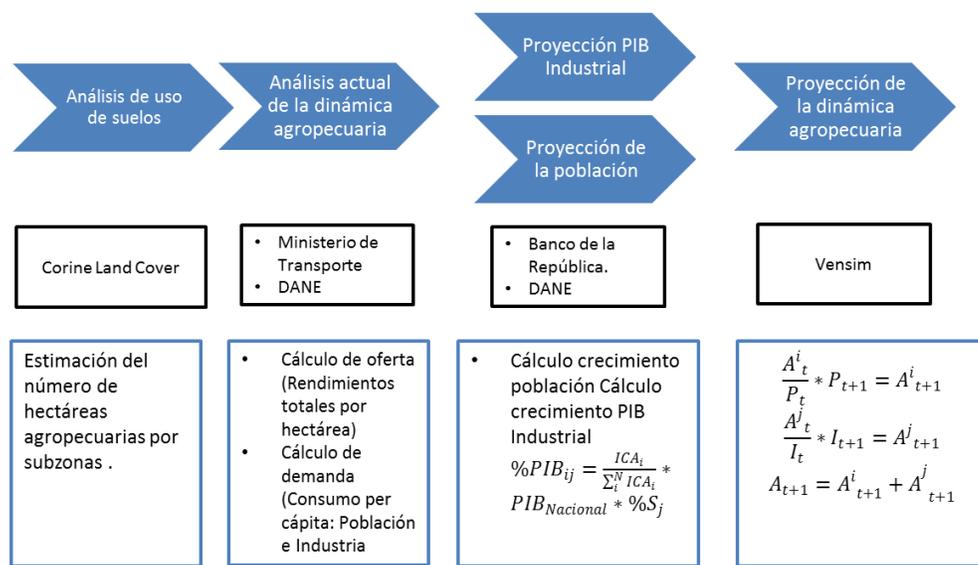
Tabla 3.7. Áreas agropecuarias en Colombia por macrocuena

| Macrocuena | Pastos (ha) | | Cultivos transitorios (ha) | | Cultivos permanentes (ha) | | Total | |
|-----------------|-------------------|-------------|----------------------------|-------------|---------------------------|-------------|-------------------|-------------|
| | ha | % | ha | % | ha | % | ha | % |
| Amazonas | 2.141.366 | 11% | 27.702 | 1% | 27.702 | 1% | 2.196.769 | 9% |
| Caribe | 2.280.335 | 12% | 254.996 | 12% | 288.555 | 10% | 2.823.886 | 12% |
| Magdalena Cauca | 10.244.199 | 54% | 1.301.211 | 60% | 1.798.172 | 63% | 13.343.583 | 55% |
| Orinoco | 3.472.917 | 18% | 310.913 | 14% | 354.630 | 12% | 4.138.459 | 17% |
| Pacífico | 900.704 | 5% | 287.883 | 13% | 374.345 | 13% | 1.562.932 | 6% |
| Total | 19.039.521 | 100% | 2.182.704 | 100% | 2.843.403 | 100% | 24.065.629 | 100% |

Fuente: UT Macrocuencas con información de (IDEAM-IGAC "Corine Land Cover 2007-09)

Para la modelación del crecimiento de estas áreas, se analizan principalmente dos componentes: la relación entre la población y la demanda de alimentos, y la relación de la industria con la demanda de productos agropecuarios que utilizan como insumos. La metodología de modelación se presenta en el siguiente esquema.

Ilustración 3.39. Esquema metodológico Crecimiento frontera agropecuaria



Fuente: UT macrocuencas

1. Análisis de uso de suelos

La estimación del número de hectáreas relacionadas con el uso agropecuario por subzonas se hace mediante el análisis del mapa de uso de suelos *Corine Land Cover*, por el cual se identifican el número de hectáreas de cada subzona que se encuentra con cultivos transitorios, cultivos permanentes y pastos o suelo pecuario.

2. Análisis actual de la dinámica agropecuaria

Cálculo de la oferta: Se utilizan los rendimientos totales en kilogramos por hectárea (kg/ha) de cada uno de los principales productos agrícolas a nivel Nacional (Ministerio de Transporte, 2010). Por lo tanto, para la producción total se realiza la multiplicación de las hectáreas por los rendimientos de cada cultivo.

Se multiplica el rendimiento de cada cultivo por el número de hectáreas por subzona. Nivel de producción.

$$O_{ij} = ha_i * R_j$$

Dónde,

O_{ij} : Oferta de la subzona i del producto j (kg).

ha_j : Número de hectáreas de la subzona i. Para 145 subzonas.

R_j : Rendimiento del producto j, kilogramos por hectárea (kg/ha).

Cálculo de la demanda: Para obtener la demanda se consulta en diferentes fuentes el consumo per cápita de los principales cultivos de la canasta familiar y se multiplica por la población de cada subzona en el año 2008.

$$D_{ij} = P_{o_i} * CC_j$$

Dónde:

D_{ij} : Demanda de la subzona i del producto j (kg).

P_{o_i} : Población de la subzona i .

CC_j : Consumo per cápita del producto j (kg/persona).

3. Proyección Población y PIB Industrial

El procedimiento de las proyecciones de población y PIB Industrial se explica previamente.

4. Proyección de la dinámica agropecuaria

Con base en la información de proyección y uso del suelo actual, se realizan las proyecciones del crecimiento de la frontera agropecuaria con el uso de la herramienta de modelación Vensim. Las relaciones principales en el cálculo de la proyección se presentan a continuación.

$$\frac{A^i_t}{P_t} * P_{t+1} = A^i_{t+1}$$

Dónde,

A^i_t = Área agropecuaria actual

A^i_{t+1} = Área agropecuaria requerida por la población en el período de proyección

P_t = Población actual

P_{t+1} = Población en el período de proyección

$$\frac{A^j_t}{I_t} * I_{t+1} = A^j_{t+1}$$

Dónde,

A^j_t = Área agropecuaria actual

A^j_{t+1} = Área agropecuaria requerida por la industria en el período de proyección

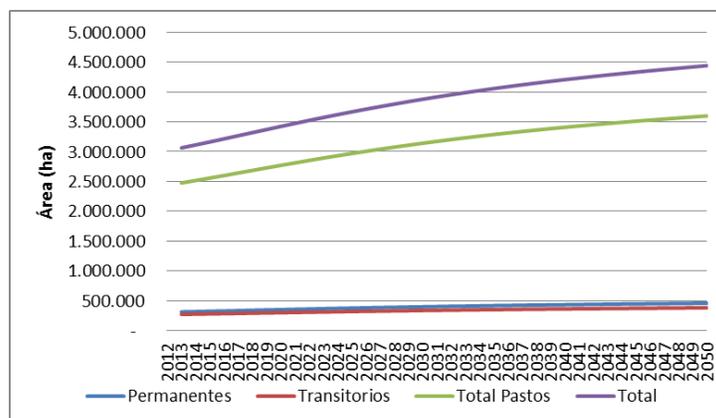
I_t = PIB Industrial actual

I_{t+1} = PIB Industrial en el período de proyección

Lo anterior, evidencia que la demanda de alimentos y la demanda de productos agropecuarios para el sector industrial requerirán mayor área de producción agropecuaria en la Macrocuenca si se mantienen las productividades actuales.

En cuanto al crecimiento de las áreas del sector agropecuarias, la **Ilustración 3.40** indica que el área agropecuaria total en la Macrocuenca pasará de 3 millones de hectáreas a 4,4 millones de hectáreas, lo que representa un crecimiento del 46% para los próximos 40 años aproximadamente.

Ilustración 3.40. Crecimiento áreas sector agropecuario



Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de INCODER

Las proyecciones de los escenarios tendenciales se realizaron hasta el año 2050, teniendo en cuenta el período de alcance del Plan Estratégico y que el periodo de proyección no puede ser menor al tiempo que tiene de aplicación otros instrumentos como los POMCAs y los PGAR de 10 y 16 años de duración respectivamente.

3.3.1 Oferta

3.3.1.1 Servicios ecosistémicos del agua las áreas protegidas, sus zonas amortiguadoras y las prioridades de conservación.

Los ecosistemas de agua dulce prestan una serie de servicios ambientales a la sociedad, su estado de conservación determina que tan útiles son para ésta. En general ecosistemas sanos y menos intervenidos prestan servicios de mayor calidad. Los componentes de estos ecosistemas interactúan de manera compleja, es así como el agua, las especies de plantas, especies de animales y los componentes abióticos se relacionan en dichos ecosistemas de maneras intrincadas prediciendo como resultados servicios ecosistémicos ambientales que determinan la supervivencia de la especie humana.

En la macrocuenca existen áreas protegidas bajo diferentes figuras de conservación, esas áreas a su vez cuentan con zonas amortiguadoras. Adicionalmente por fuera de estas áreas protegidas aún quedan importantes zonas de interés para la conservación por sus servicios ecosistémicos, las cuales han sido identificadas por varios estudios.

Respecto a las prioridades de conservación en el país se han llevado a cabo diversos ejercicios en los cuales se establecen áreas que deberían ser priorizadas con base en una gran variedad de criterios, en la actualidad, el Sistema de Parques Nacionales Naturales está realizando un ejercicio de integración según lo estipulado en el CONPES 3680 de 2010, en el cual se tienen en cuenta 33 portafolios de conservación desarrollados por diferentes instituciones.

Con base en la información encontrada, se recopiló y se organizó de manera que en la tabla continuación se presenta, por zonas, el área no priorizada y el área priorizada según el número de portafolios de priorización, por los cuales cada unidad de área fue determinada como de

importancia para la conservación. La columna “>5 Priorizaciones” de la siguiente tabla indica que cada unidad de área fue priorizada más de cinco veces, es decir hubo más de cinco estudios que determinaron como prioritaria el área.

Tabla 3.8 Priorización de conservación por zonas hidrográficas

| Zona | No priorizado | 1-5 Priorizaciones | > 5 Priorizaciones | Área Total de la Zona (km ²) |
|-----------|---------------|--------------------|--------------------|--|
| Catatumbo | 8.334 | 8.058 | - | 16.472 |
| Guajira | 3.079 | 17.544 | 46 | 21.418 |
| Litoral | 2.500 | 3.652 | 81 | 6.369 |
| Urabá | 14.984 | 36.326 | 221 | 60.513 |

Fuente: Cálculos UT Macrocuencas

De estas áreas priorizadas se estableció como de especial urgencia en su atención las que tuvieran 6 o más portafolios en los que se especificara la necesidad de su priorización. Debido a la urgencia de conservación y protección que tienen estas zonas, se tiene entonces la necesidad de saber qué cantidad o qué porción de esta área, está fuera de la jurisdicción de las Áreas Nacionales Protegidas (ANP), esto con el fin de establecer cuáles de estas áreas priorizadas están más vulnerables. El resultado de este análisis se presenta en la tabla a continuación.

Tabla 3.9 Zonas de alta necesidad de priorización fuera de las Áreas Nacionales Protegidas (ANP)

| Zona | > 5 Priorizaciones (km ²) |
|-----------|---------------------------------------|
| Catatumbo | - |
| Guajira | 97,32 |
| Litoral | 46,08 |
| Urabá | 109,03 |

Fuente: Cálculos UT Macrocuencas

De la tabla anterior se puede evidenciar que la Zona Hidrográfica que mayor afectación puede tener, debido a la no conservación y preservación de su fauna y flora, es la de Urabá con un área de aproximadamente 110 km². Aun así todas las áreas que se encuentran aquí como áreas priorizadas para su conservación y preservación, deben ser contempladas para tal fin dentro de los POMCAS de las subzonas a las que corresponden.

Dentro de la macrocuenca Caribe, se pueden identificar varias áreas protegidas de importancia nacional, regional y local. Entre los diversos tipos de áreas protegidas que se encuentran están: parques nacionales, parques naturales, vías parque, santuarios de fauna y flora, áreas de reserva forestal, entre otras. Aparte de las áreas protegidas pertenecientes al Sistema de Parques Nacionales Naturales que son directamente manejados por Parques Nacionales Naturales (PNN), las demás áreas protegidas son manejadas y tratadas por las Corporaciones Autónomas Regionales que tienen jurisdicción en dicha zona.

Algunas de las áreas protegidas más importantes que se encuentran en la cuenca Caribe entre otros incluye los Parques Nacionales Naturales Catatumbo – Barí, Corales del Rosario y San

Bernardo, Tayrona, Los Katios, Las Orquídeas, Tayrona, el área natural única Estoraques, Santuario de fauna y flora El Mono Hernández y la Sierra Nevada de Santa Marta.

En la macrocuenca existen cerca de 750 000 hectáreas bajo diferentes figuras de conservación, en la siguiente tabla se muestra la extensión de las áreas protegidas para cada Zona Hidrográfica de la macrocuenca Caribe.

Tabla 3.10 Áreas protegidas naciones en cada zona hidrográfica.

| Zona | ANP (ha) | | % ANP/ Área Magdalena Cauca |
|------------------|------------|-------|-----------------------------|
| Atrato - Darién | 270,552 | 36.1% | 2.58% |
| Caribe - Guajira | 295,375 | 39.4% | 2.82% |
| Caribe - Litoral | 363 | 0.0% | 0.00% |
| Caribe- Urabá | 2,976 | 0.4% | 0.03% |
| Catatumbo | 170,154 | 22.7% | 1.62% |
| Sinú | 10,565 | 1.4% | 0.10% |
| Total general | 749,985.24 | 100% | 7.16% |

Fuente: Cálculos UT Macrocuencas

De esas áreas se seleccionaron las que por regulación está totalmente restringido su uso, y son de necesaria protección. Los tipos de áreas seleccionadas son: Área Natural Única, Parque Nacional Natural, Reserva Forestal (protectora y productora – protectora), Reserva Natural, Santuarios de Flora y Fauna, y Vía Parque. Después de usar la información, se encontró que en la zona no existe una Vía Parque.

Debido a su importancia y a que las especies, animales y vegetales, que se encuentran allí son muy sensibles a los factores ambientales, estas áreas protegidas tienen que contar con una Zona Amortiguadora (ZA). La función de esta Zona Amortiguadora es la de atenuar las perturbaciones causadas por las actividad humana en las zonas vecinas a las distintas áreas del Sistema de Parques Nacionales Naturales, con el fin de impedir que llegue a causar disturbios o alteraciones en la ecología o en la vida silvestre de estas áreas. Las Zonas Amortiguadoras tienen que ser definidas en una concertación entre la Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales (UAESPNN), las Corporaciones Autónomas Regionales que tienen jurisdicción en la zona y la Dirección de Ecosistemas del MADS. Estas zonas se definen con base en los Lineamientos Para La Determinación y Reglamentación de Zonas Amortiguadoras en las Áreas Protegidas del Sistema De Parques Nacionales Naturales de Colombia **Fuente especificada no válida..** Haciendo una revisión de los planes de las Áreas Nacionales Protegidas (APN), pertenecientes al Sistema de Parques Nacionales Naturales y que están en la cuenca Magdalena – Cauca, se encuentra que las Zonas Amortiguadoras están apenas definidas en muchos casos y en otros están por definirse y su manejo aún no está estipulado en la mayoría de casos. Dada la importancia que tiene la Zona Amortiguadora para el área protegida, su manejo debe ser parte de los programas que cada POMCA tenga dentro de la subzona hidrográfica que rige.

Por último se encuentran las áreas protegidas locales y regionales están caracterizadas por ser ecosistemas inalterados o poco alterados, con características paisajísticas, geológicas o

geomorfológicas únicas. Tienen como objetivo mantener a perpetuidad sus condiciones naturales y se permite la investigación, educación y en muchos casos recreación. Las Áreas Protegidas Regionales son competencia de los departamentos y las CAR. Dentro de la macrocuenca Caribe, las áreas protegidas regionales tienen el área de cobertura por categoría presentada en la siguiente tabla.

Tabla 3.11 Áreas Protegidas Regionales discriminadas por categoría en la Macrocuena

| Categoría de Área Protegida Regional | Área (Ha) |
|--|-------------------|
| AREA DE MANEJO ESPECIAL DE CARACTER REGIONAL | 1383.42916 |
| DISTRITO DE MANEJO INTEGRADO | 106610.8571 |
| PARQUE NATURAL REGIONAL | 11820.75494 |
| RESERVA FORESTAL DEPARTAMENTAL | 1148.967002 |
| RESERVA FORESTAL PROTECTORA | 8750.582757 |
| RESERVA FORESTAL PROTECTORA PRODUCTORA | 243.2405069 |
| RESERVA NATURAL | 5353.065535 |
| Total general | 135,310.90 |

Fuente: Cálculos UT Macrocuencas

En primera instancia se analiza la situación de las áreas protegidas regionales, respecto a los cambios de área evidenciados en la cobertura del suelo. Esto está basado en la clasificación general del "Corine Land Cover" presentada a continuación:

Tabla 3.12 Unidades de cobertura "Corine Land Cover"

| Unidad | Cobertura |
|--------|-------------------------------|
| 1 | Territorios Artificializados |
| 2 | Territorios Agrícolas |
| 3 | Bosques y Áreas Seminaturales |
| 4 | Áreas Húmedas |
| 5 | Superficies de Agua |

Fuente: UT Macrocuencas

A partir de esta clasificación y con resultados de dos diferentes periodos 2000 – 2002 y 2007 – 2009, se puede hacer un análisis multitemporal que evidencie los cambios en la cobertura del suelo en la zona estudiada. A continuación se muestran los resultados de este ejercicio para las zonas protegidas regionales.

Tabla 3.13 Cambios de cobertura en las Áreas Regionales Protegidas

| Áreas Regionales | | Periodo 2007 - 2009 | | |
|------------------------|----------------------|---------------------|-----------------|-----------------|
| Periodo 2000 – 2002 | Unidad | 2 (Ha) | 3 (Ha) | Total general |
| | 2 (Ha) | 50495,34 | 2455,42 | 52950,76 |
| | 3 (Ha) | 5030,11 | 34538,76 | 39568,87 |
| | Total general | 55525,45 | 36994,18 | 92519,63 |

Fuente: Cálculos UT Macrocuencas

De allí se puede tener un análisis de cuánta área (unidad 3 de la clasificación del “Corine Land Cover”) de bosque ha sido afectada en su cobertura entre estos periodos. Para esto se tiene la siguiente tabla.

En la tabla anterior se muestra cambio de una zona conformada vegetación secundaria a pastos enmalezados en unas 5000 hectáreas, que seguramente serán usadas para actividades agropecuarias productivas. Es necesario que dentro de los lineamientos de los POMCAs se incluya un compromiso relacionado con la protección de las áreas boscosas de las Áreas Regionales Protegidas.

Por otro lado las Áreas Protegidas Locales son jurisdicción de los municipios y sus secretarías de ambiente o las CAR según sea el caso. Las Áreas Protegidas Locales presentan las siguientes áreas de cobertura en las zonas hidrográficas dentro de la macrocuenca Caribe.

Tabla 3.14 Áreas Protegidas Locales discriminadas por categoría en la Macrocuena

| Categoría de Área protegida Local | Área (Ha) |
|-----------------------------------|---------------|
| PARQUE FORESTAL Y ZOOLOGICO | 426.24 |
| Total general | 426.24 |

Fuente: Cálculos UT Macrocuencas

De allí se puede tener un análisis de cuánta área (unidad 3 de la clasificación del “Corine Land Cover”) de bosque ha sido afectada en su cobertura entre estos periodos. Para esto se tiene la siguiente tabla.

Tabla 3.15 Cambios de cobertura en las Áreas Locales Protegidas

| Áreas Locales | | Periodo 2007 - 2009 | | | | | |
|---------------------|----------------------|---------------------|---------------|---------------|--------|--------|---------------|
| Periodo 2000 – 2002 | Unidad | 1 (Ha) | 2 (Ha) | 3 (Ha) | 4 (Ha) | 5 (Ha) | Total general |
| | 1 (Ha) | - | - | - | - | - | - |
| | 2 (Ha) | - | 319,46 | 13,97 | - | - | 333,44 |
| | 3 (Ha) | - | - | 86,61 | - | - | 86,61 |
| | 4 (Ha) | - | - | - | - | - | - |
| | 5 (Ha) | - | - | - | - | 6,19 | 6,19 |
| | Total general | - | 319,46 | 100,59 | - | - | 6,19 |

Fuente: Cálculos UT Macrocuencas

Para las áreas protegidas locales la cobertura de bosque se vio apenas beneficiada porque en total dio un balance positivo en el área de cobertura. El único cambio de cobertura que se da es de territorios agrícolas a áreas seminaturales, allí se evidencia un aumento en el área de bosques de 14 hectáreas, que eran mosaico de pastos con espacios naturales a ser bosque denso alto inundable.

3.3.1.2 Áreas agropecuarias y riesgo de reducción en la cobertura natural

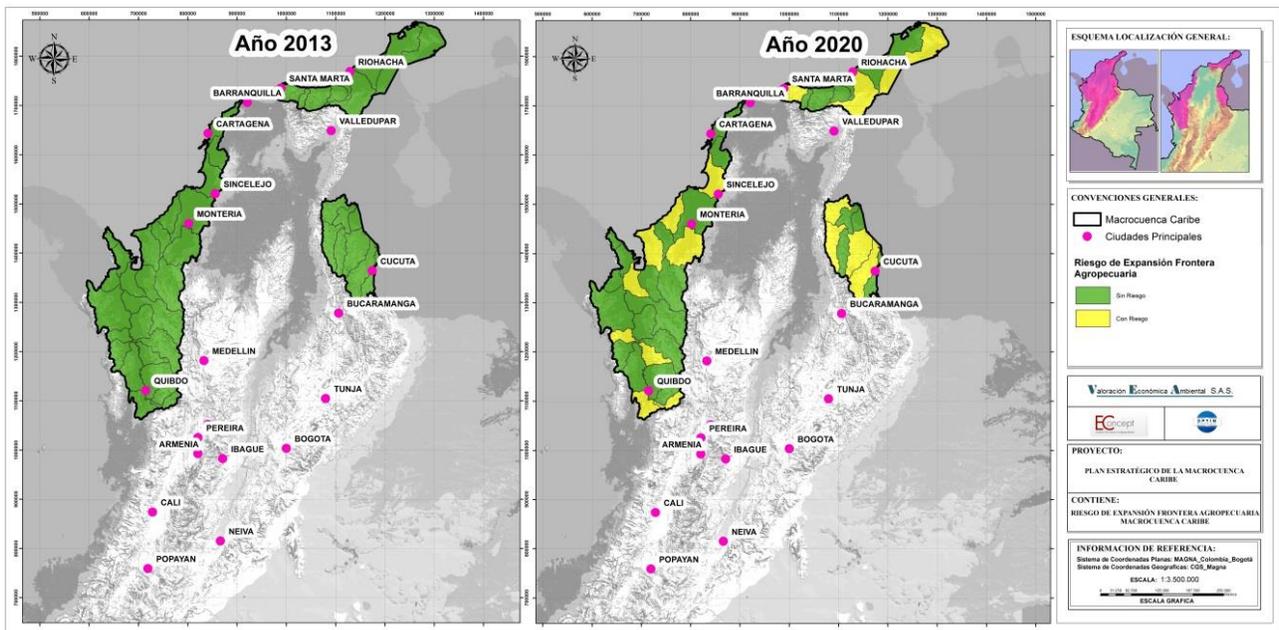
Para el análisis de cobertura de suelo en la Macrocuenca, se utilizó la metodología CORINE (Coordination of Information on the Environmental) Land Cover CLC adaptada para el país fue desarrollada de manera conjunta por IDEAM, IGAC y Cormagdalena y tiene como propósito la realización del inventario homogéneo de la cubierta biofísica (cobertura) de la superficie de la tierra a partir de la interpretación visual de imágenes de satélite asistida por computador y la generación de una base de datos geográfica (IDEAM, 2010).

Así mismo, debido a que se cuenta con la información y resultados de la metodología CLC para dos períodos de tiempo, se realiza un análisis con relación a los cambios y transiciones en la cobertura del suelo para la Macrocuenca entre los años 2000-2002 y 2007-2009. Como resultado de este análisis se observa que alrededor del 4,1% de áreas naturales y Seminaturales ha sido ocupada por sistemas productivos (Cultivos y Pastos). Lo anterior, evidencia una presión en la reducción de áreas naturales y seminaturales.

En este orden de ideas, para determinar el grado de presión que las áreas con cobertura natural tienen en las diferentes subzonas, se determinó la demanda de áreas agropecuarias según la tendencia actual de producción y consumo, el estado actual de la cobertura natural de cada una de estas subzonas y el área de las coberturas en las que se puede generar la actividad agropecuaria. Esta categoría incluye los diferentes cultivos, pastos, los pastos enmalezados y sistemas productivos en desuso o con escasas prácticas de manejo. De esta forma se estimó el año en el cual la demanda de áreas agropecuarias alcanzaría el área de las coberturas descritas anteriormente, o la superará, generando presión sobre coberturas naturales y seminaturales.

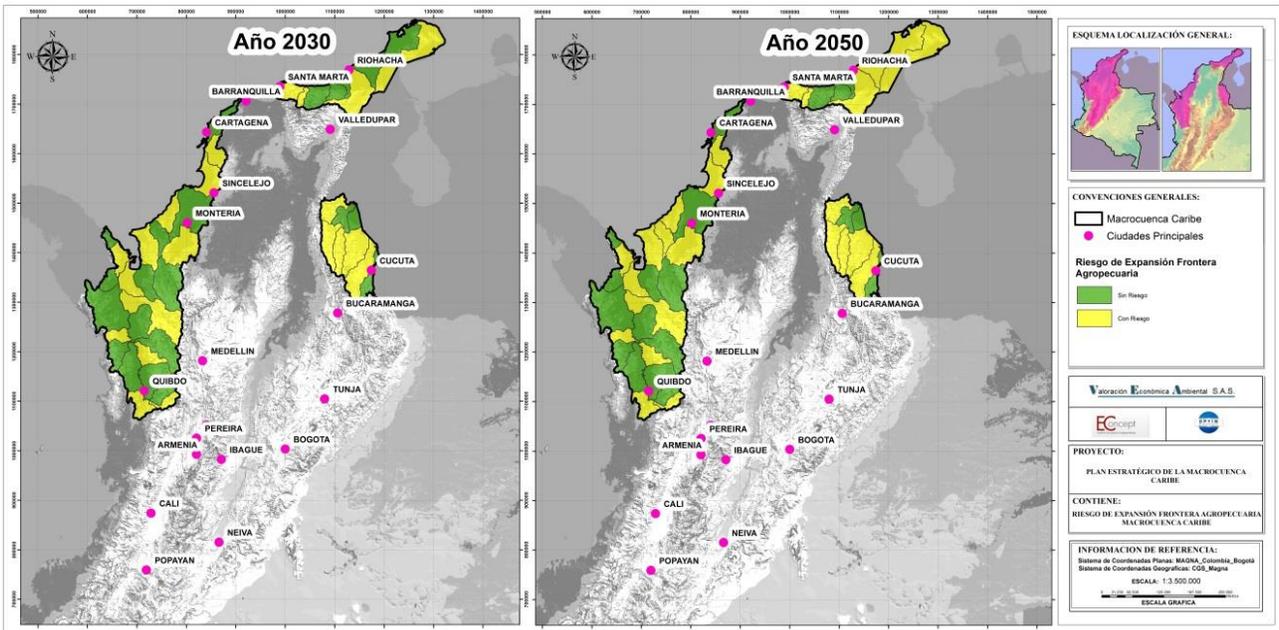
Con base en lo anterior, se identificaron las subzonas en las cuales las áreas de cobertura natural estarían bajo presión por la demanda de área para producción agropecuaria. En las siguientes ilustraciones se muestran las subzonas identificadas para los años 2020, 2030 y 2050.

Ilustración 3.41. Subzonas con presión por aumento en la demanda de área para producción agropecuaria (2013 y 2020)



Fuente: Cálculos UT Macrocuenas con información de (IDEAM-IGAC "Corine Land Cover 2007-09)

Ilustración 3.42. Subzonas con presión por aumento en la demanda de área para producción agropecuaria (2030 y 2050)



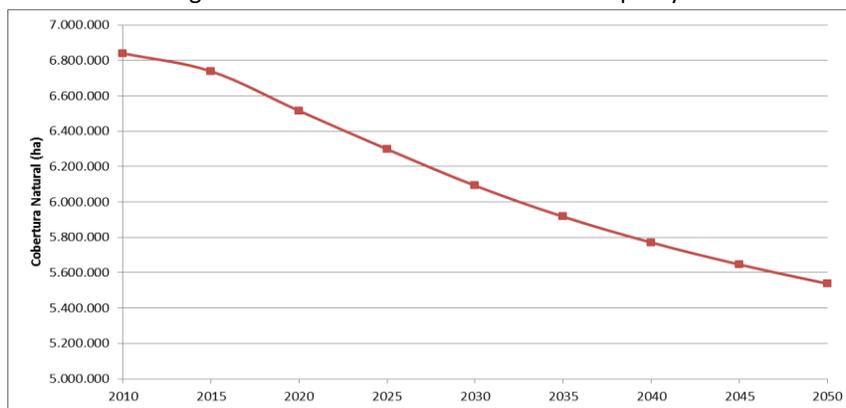
Fuente: Cálculos UT Macrocuenas con información de (IDEAM-IGAC "Corine Land Cover 2007-09)

Para el año 2020, en mas del 38% de las subzonas tendrían alta presión por aumento en la demanda de área para producción agropecuaria, mientras que para el año 2050, aproximadamente el 55% de las subzonas de la Macrocuenca estarían con presión en la reducción de la cobertura natural.

Así mismo, de mantenerse las tendencias actuales de productividad, consumos agropecuarios y crecimientos de población e industria, en la Macrocuenca las áreas bajo cobertura natural estarían

en riesgo de disminución; y se pasaría de 6,8 a 5,5 millones de hectáreas bajo cobertura natural en el 2050. Esto representaría una reducción de cerca del 28% en 40 años.

Ilustración 3.43. Riesgo de reducción de la Cobertura de bosques y áreas seminaturales



Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de (IDEAM-IGAC “Corine Land Cover 2007-09)

En el estudio Nacional del Agua (IDEAM, 2010), se establece que la estimación de la oferta hídrica depende de la disponibilidad de agua calculada con la ecuación de balance hídrico. Además del valor de la escorrentía disponible, se tienen en cuenta las condiciones ambientales que actúan como reguladores hídricos del conjunto suelo-cobertura vegetal, en estos se incluye el índice de aridez, y el índice de retención y regulación hídrica, así:

$$ESC = P - ETR$$

Dónde

Esc: Escorrentía hídrica superficial

P: Precipitación

ETR: Evapotranspiración real

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

Dónde

Ia: Índice de aridez

ETP: Evapotranspiración potencial

ETR: Evapotranspiración real

$$IRH = VP/Vt$$

Dónde

IRH: Índice de retención y regulación hídrica

VP: Volumen representado por el área que se encuentra por debajo de la línea de caudal medios

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

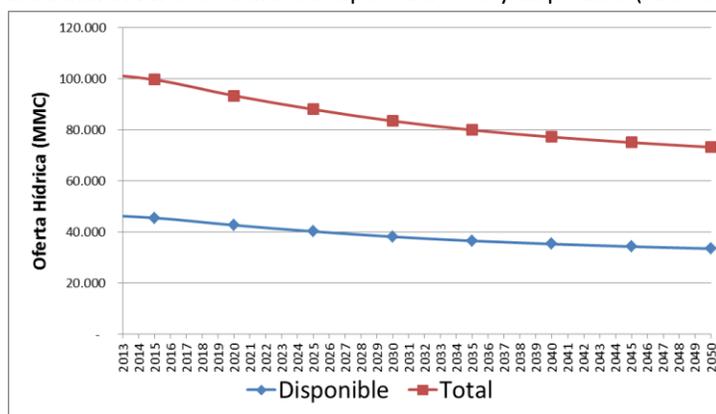
El índice de regulación hídrica incluido en el cálculo de la oferta hídrica superficial, evalúa la capacidad de la cuenca para mantener un régimen de caudales, producto de la interacción del

sistema suelo-vegetación con las condiciones climáticas y con las características física y morfométricas, con lo cual evalúa la capacidad reguladora del sistema en conjunto (IDEAM, 2010).

Este proceso de interacción de la cobertura vegetal con la oferta hídrica ha sido documentado por diferentes estudios que muestran una relación entre la cobertura vegetal y el balance hídrico. Para el caso del río San Cristóbal en Bogotá se realizó un análisis del balance hídrico de cada cobertura vegetal y su microcuenca, y el comportamiento de las lluvias y caudales, y sobre esto se identificó el papel de la regulación hídrica con respecto a diferentes coberturas, en este se identificó que los bosques nativos tienen una mejor capacidad de mantener los caudales con mayor uniformidad y con valores más sostenidos (García, 2007), de manera similar (Patiño, Leon, Montes, & Hernandez, 2007) demostraron que diferentes tipos de cobertura vegetal presentan un efecto diferencial sobre el ciclo hidrológico en términos de la regulación de caudales, en este estudio se aplicó una metodología que permitió evaluar el efecto de la cobertura vegetal en la cuenca de la quebrada la murciélago en Antioquia. Para la cuenca del río Tona, situada en el departamento de Santander se realizó una modelación de la respuesta hidrológica de la cuenca teniendo en cuenta los cambios en las variables que afectan este respuesta, en esta modelación se observó que la respuesta hidrológica además de verse afectada por los parámetros hidroclimatológicos, se ve seriamente influida por el tipo de cobertura vegetal. (Caro, 2003). En áreas de interés estratégico para la regulación del agua resulta aún más evidente la importancia de la cobertura vegetal para el balance hídrico, en el caso de los Páramos en Colombia y en Ecuador se documenta cómo la cobertura vegetal es la que contribuye a la alta capacidad de regulación del recurso hídrico, debido a la estructura ligera y porosa del suelo y a su alta capacidad de retención (Mena, Medina, & Hofstede, 2001) y (Buytaert, Célleri, De Bievre, & Cisneros, 2006). En este sentido, se identifica la importancia de la cobertura natural como elemento regulador del recurso hídrico, condicionante de la disponibilidad de agua superficial.

La reducción en la cobertura natural se va a ver reflejada entonces en una disminución de la oferta hídrica para las diferentes subzonas hidrográficas. La oferta total pasará de 101,3 millones de metros cúbicos (MMC) a 78,6 MMC, lo que representa una reducción del 30%. Mientras que la oferta disponible pasará de 46 MMC a 28,3 MMC en los próximos 40 años. Esta información se presenta en la Ilustración 3.44.

Ilustración 3.44. Oferta hídrica superficial total y disponible (Año seco)



Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de (IDEAM, 2010)

3.3.1.3 Posibilidades de acción

Con el objetivo de disminuir la expansión agropecuaria y su potencial impacto en las áreas de cobertura natural se identifican las siguientes rutas de acción:

- Aumentos de la productividad en el sector agropecuario. Esto significa que cada unidad de área usada por el sector agropecuario produzca mayor cantidad de alimentos. Esta opción podría afectar potencialmente la demanda de otros bienes y servicios ambientales como la cantidad de recurso hídrico.
- Establecimientos de medidas de comando y control que limiten el crecimiento a las áreas potenciales de expansión sin afectar la cobertura natural. Esto significa que la expansión de la frontera agropecuaria sólo se podría limitar al reemplazo de los pastos enmalezados. Estas medidas limitarían también el desarrollo industrial sustentado en el sector agropecuario y afectarían la seguridad alimentaria.
- Recomposición de la matriz productiva agropecuaria dando prioridad a sistemas productivos de interés social. En esta opción se reemplazan sistemas productivos por aquellos que tengan mayor impacto social, por ejemplo alimentos de la canasta básica, sistemas que generen mayor empleo por unidad de área, entre otros.

Con respecto a la opción de aumentos en la productividad vale la pena examinar el estado actual de la productividad del sector agropecuario y sus posibles mejoras.

En el país, los cultivos permanentes que ocupan una mayor área sembrada son: el café con un 28,55% del total de cultivos en el país, seguido por el plátano con un 14,16% y la palma de aceite con un 13,65%. En la Tabla 3.16 se muestran los rendimientos por hectárea de los principales cultivos en Colombia de acuerdo con los resultados de la Encuesta Nacional Agropecuaria (DANE, 2011).

Tabla 3.16. Rendimientos de los principales cultivos en Colombia

| Cultivo | Tipo | Rendimiento (Ton/ha) |
|-----------------|-------------|----------------------|
| Café | Permanente | 1,1 |
| Plátano | Permanente | 10 |
| Palma de aceite | Permanente | 4 |
| Caña | Transitorio | 7,2 |
| Yuca | Transitorio | 14,3 |
| Cacao | Permanente | 0,5 |
| Banano | Permanente | 25,8 |

Fuente: (DANE, 2011)

De acuerdo con (Cenicafé, 2011) el rendimiento de café por hectárea es el más alto de Latinoamérica junto con Brasil, sin embargo existen espacios para la mejora de la productividad dependiendo de las condiciones y el manejo del cultivo las cuales se muestran en la Tabla 3.17

Tabla 3.17. Rendimientos actuales, alcanzables y potenciales del cultivo de café

| Condiciones del cultivo de café | Actual (kg/ha) | Alcanzable(kg/ha) | Potencial de producción (kg/ha) |
|---------------------------------|----------------|-------------------|---------------------------------|
| Plena exposición solar | 700 | 2.100 | 3.500 |

| Condiciones del cultivo de café | Actual (kg/ha) | Alcanzable(kg/ha) | Potencial de producción (kg/ha) |
|---------------------------------|----------------|-------------------|---------------------------------|
| Con sombrío | 1.050 | 1.400 | 2.100 |
| Bajo irrigación | 2.100 | 3.500 | 4.200 |

Fuente: (Cenicafé, 2011)

En la Tabla 3.17, se presentan los valores de rendimiento actual, alcanzable y el potencial de producción. Los valores que se presentan para el escenario actual tienen en cuenta las limitaciones biológicas, ambientales y socioeconómicas que presenta el cultivo. Los valores del escenario Alcanzable contemplan limitaciones solo en cuanto a nutrientes, mientras que el Potencial de producción representa el rendimiento sin limitaciones para el cultivo de café. De este vale la pena resaltar como en un escenario alcanzable se podría llegar a lograr un rendimiento de hasta 3.500 kg/ha (3,5 Ton/ha) si las condiciones ambientales lo permiten, este escenario representaría entonces un aumento en el rendimiento de 133% con respecto al rendimiento actual (1,1 Ton/ha).

Para el caso de los cultivos transitorios, vale la pena resaltar el caso de la caña de azúcar, el principal cultivo transitorio del país. El promedio del rendimiento nacional según el DANE es de 7,2 Ton/ha (DANE, 2011) , sin embargo de acuerdo con el sector azucarero Colombiano, el rendimiento en la región del valle del cauca alcanza valores de 14 Ton/ha encontrándose entre los más altos a nivel mundial (ASOCAÑA, 2012).

Para el sector agropecuario el nivel de productividad se puede analizar desde dos indicadores, por un lado la producción de carne por animal y la densidad de animales por unidad de área. El sector ganadero en Colombia presenta una producción de carne por animal menor al promedio mundial, como se muestra en la Tabla 3.18.

Tabla 3.18. Producción de carne a nivel nacional

| País | Producción carne (kg/animal) |
|---------------------|------------------------------|
| Colombia | 197 |
| USA | 332 |
| Argentina | 222 |
| Brasil | 216 |
| México | 214 |
| Prom Mundial | 204 |

Fuente: (Vergara, 2010)

Adicional a esto la densidad de animales por hectárea en Colombia también es baja, cercana a 0,6 Unidades de gran ganado- UGG/ ha en promedio. Sin embargo existen zonas del país que pueden alcanzar a 1,1 UGG/ha (FEDEGAN, 2010). Estos valores si tienen espacios para su mejora, como por ejemplo en el caso de Brasil, en el cual la capacidad de carga se incrementó de 0,5 a 0,9 UGG/ha (aumento del 80%) al reemplazar pastos nativos por pastos cultivados (de Faccio Carvalho, s.f).

3.3.1.4 Escenarios de desarrollo

Para responder a la pregunta de cómo cambiaría la oferta hídrica en los próximos 40 años se plantearon 3 diferentes escenarios: Optimista, probable y pesimista.

Tabla 3.19. Escenarios de desarrollo propuestos

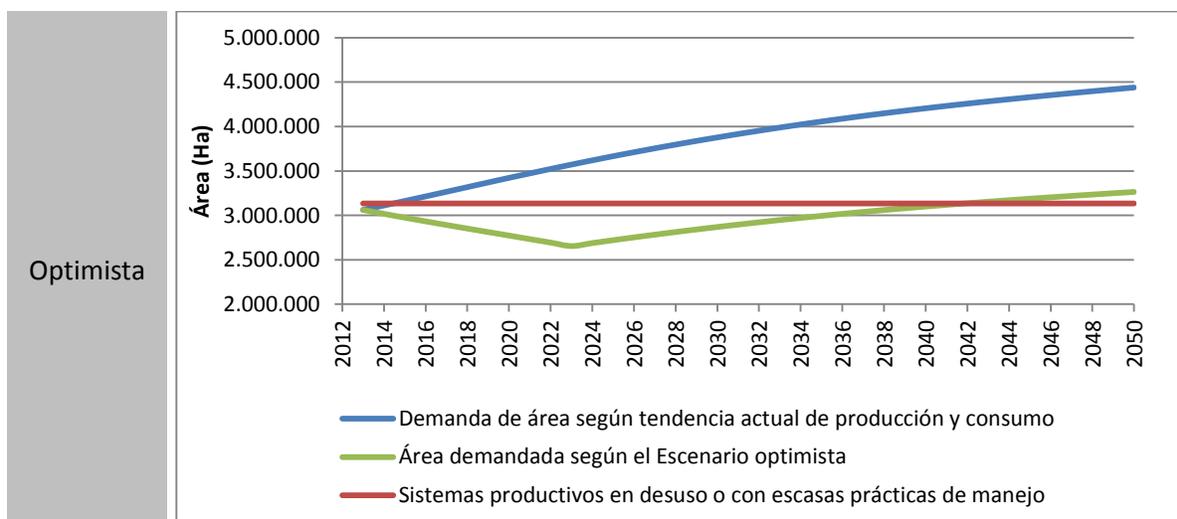
| Escenario | Características Principales |
|-----------|---|
| Optimista | Las productividades mejoran en todos los sectores pasando de las productividades actuales a la mejor productividad observada nacionalmente. El sector ganadero experimenta incrementos en productividad de hasta el 30%, los cultivos transitorios de hasta el 20% y los permanentes de hasta el 30%. Las mejoras se producen gradualmente durante la próxima década. |
| Probable | Las productividades mejoran en todos los sectores con aumentos de que van hasta el 20% en el sector ganadero, el 10% en cultivos transitorios y el 15% en cultivos permanentes. Las mejoras se producen gradualmente durante las próximas dos décadas. |
| Pesimista | Las productividades mejoran en todos los sectores pasando de las productividades actuales a productividades que van hasta el 10% en el sector ganadero, 5% en cultivos transitorios y 10% en cultivos permanentes. Las mejoras se producen gradualmente durante las próximas tres décadas. |

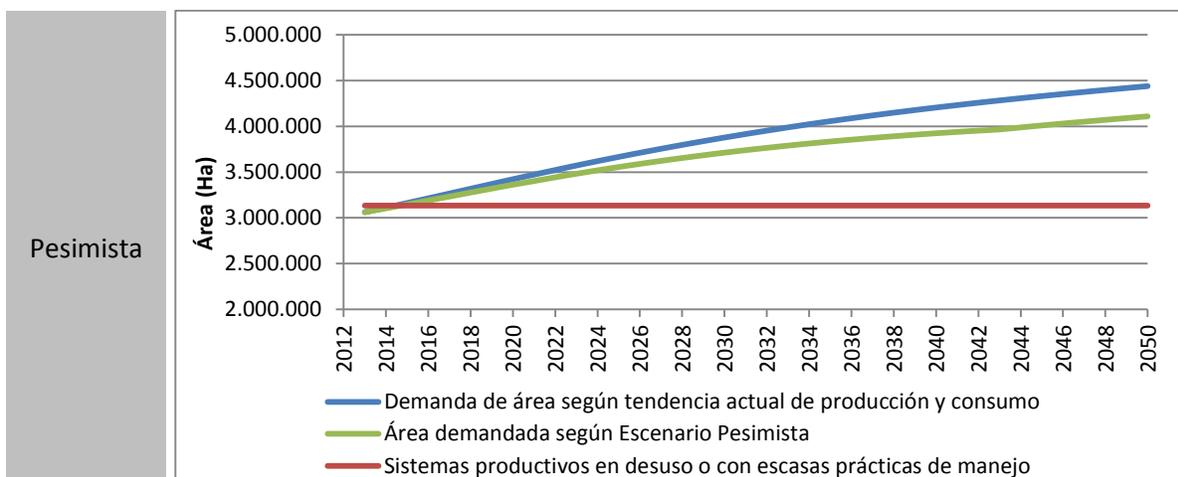
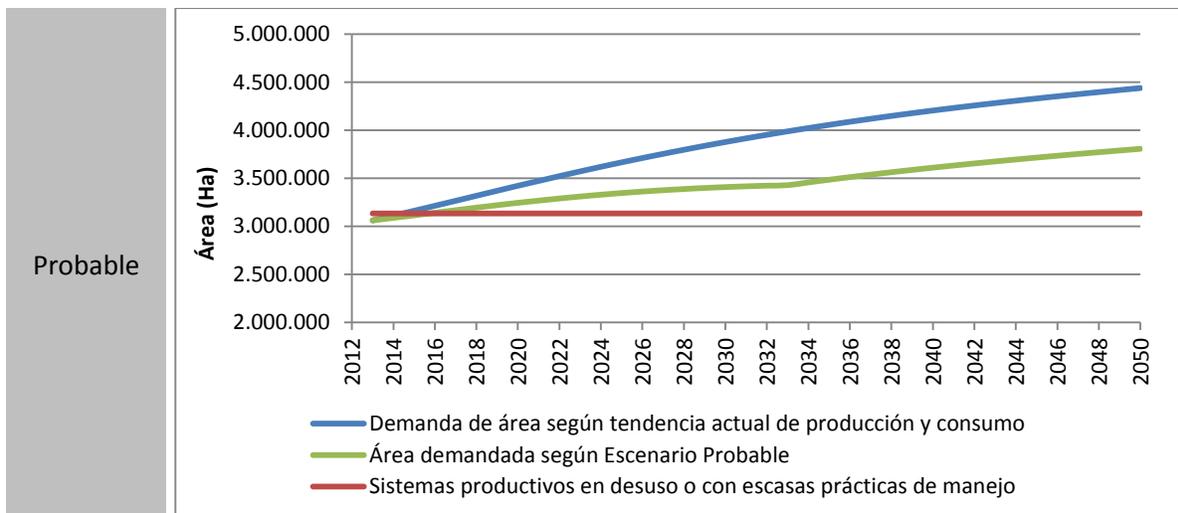
Fuente: UT Macrocuencas

A continuación se presentan los resultados de la modelación del cambio de las áreas agropecuarias bajo los diferentes escenarios de cambio de productividad. Vale la pena resaltar que las metas de productividad en cada escenario se ajustaron con base en la retroalimentación de los talleres de análisis estratégico.

Bajo el escenario optimista se aseguraría que la cobertura natural actual se mantenga. En el escenario probable y pesimista, y asumiendo que no se acude a la importación de alimentos, en los años 2014, 2015 y 2036 sería necesario transformar ecosistemas naturales para suplir la demanda de alimentos.

Ilustración 3.45. Modelación áreas agropecuarias para los diferentes escenarios





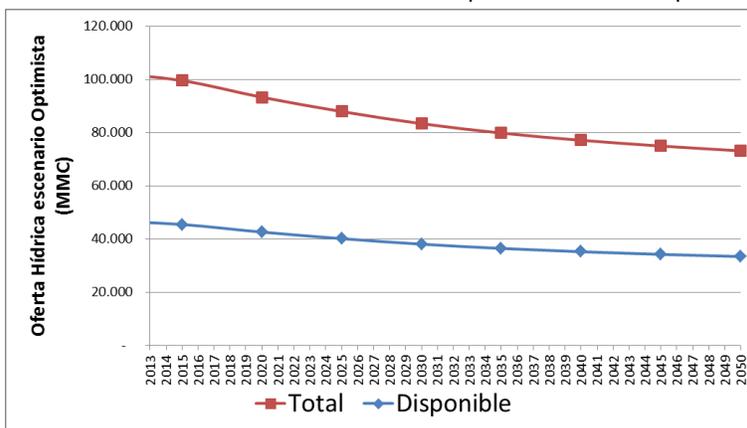
Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de (IDEAM-IGAC "Corine Land Cover 2007-09)

Ahora bien, con base en esta modelación de escenarios se pueden estimar la demanda de áreas que serían necesarias para cultivos permanentes, transitorios y pastos. Esto permite determinar las actividades productivas que generarían mayor presión sobre los ecosistemas naturales.

Al comparar los resultados de la modelación de las áreas agropecuarias bajo los tres escenarios se observa que en el escenario optimista las áreas agropecuarias no superan las áreas potenciales de expansión sino hasta el 2040, es decir los pastos enmalezados, lo cual aseguraría que la cobertura natural no se vea amenazada por la expansión de la frontera agrícola. Esto no sucedería en el caso de los otros dos escenarios, ya que en el caso del escenario probable el área agropecuaria supera al área potencial disponible para expansión en el año 2016, y en el caso del escenario optimista se empezaría a amenazar a la cobertura natural desde el año 2014

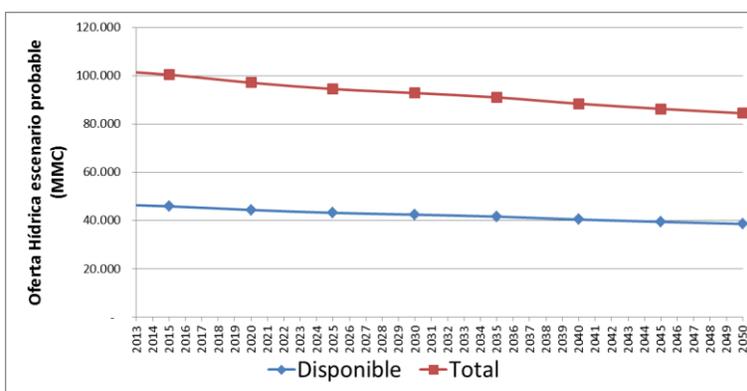
Para la modelación de la oferta hídrica con respecto a la amenaza de la expansión de oferta hídrica se asumió que en los casos en donde no se alcanza a superar el área potencial de expansión, la cobertura natural aumenta, lo cual impacta positivamente la oferta hídrica. Estos resultados se presentan en la Ilustración 3.46, la Ilustración 3.47 y la Ilustración 3.48.

Ilustración 3.46. Modelación oferta hídrica para el escenario Optimista



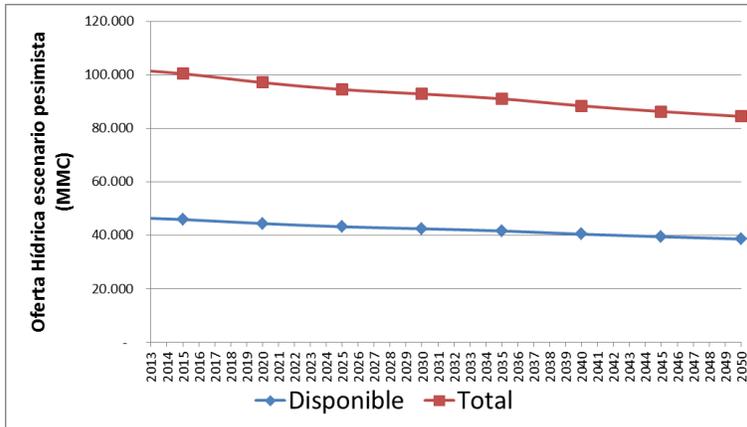
Fuente: Cálculos UT Macrocuencas

Ilustración 3.47. Modelación oferta hídrica para el escenario Probable



Fuente: Cálculos UT Macrocuencas

Ilustración 3.48. Modelación oferta hídrica para el escenario Pesimista



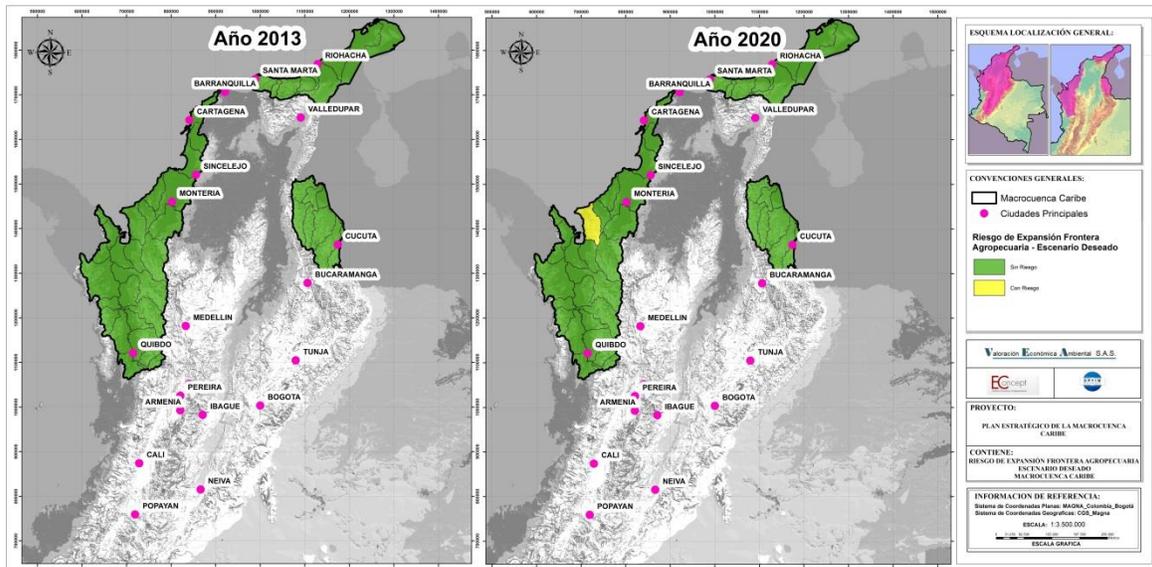
Fuente: Cálculos UT Macrocuencas

Aunque la oferta hídrica no varía tan rápidamente como si lo hacen las áreas agropecuarias, es claro que para los escenarios pesimista y probable se presenta una disminución de la oferta hídrica de gran magnitud, alcanzando a una disminución de los 100.000 MMC disponibles en el 2013 a

80.000 MMC en el 2050 para el escenario probable y hasta 70.000 MMC para el escenario pesimista una disminución que representa hasta el 30%.

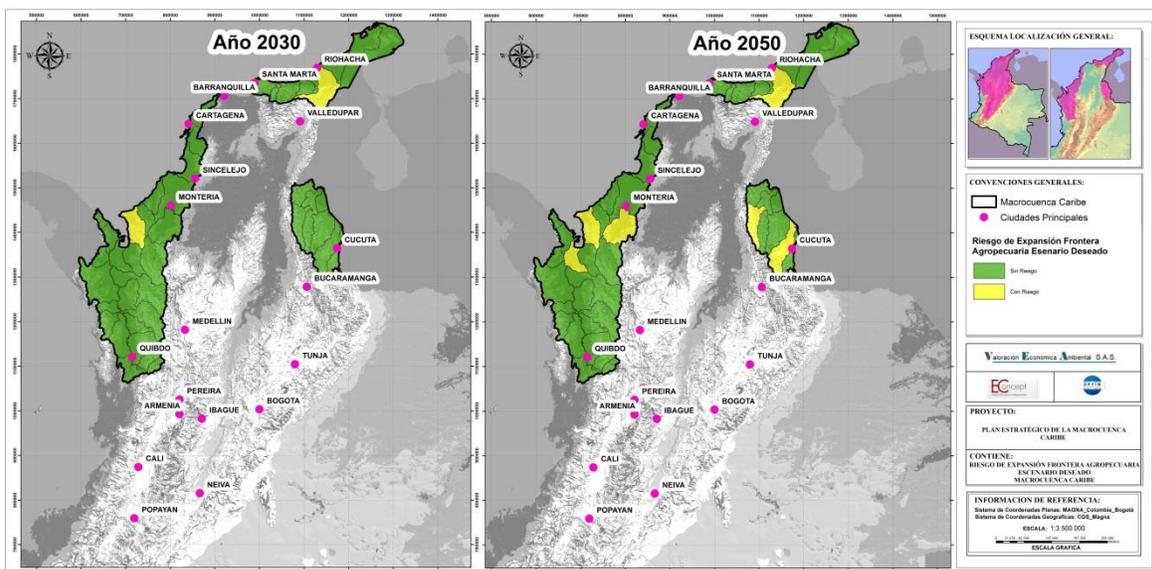
A una escala más desagregada se puede observar que con el escenario optimista se logra que para el año 2050, solo 6 de las 42 subzonas de la Macrocuenca estén en riesgo. Esto se observa en la Ilustración 3.49 y la Ilustración 3.50.

Ilustración 3.49. Subzonas con riesgo de expansión en la frontera agrícola para los años 2013 y 2020 – Escenario Deseado



Fuente: Cálculos UT Macrocuencas

Ilustración 3.50. Subzonas con riesgo de expansión en la frontera agrícola para los años 2030 y 2050 -Escenario Deseado



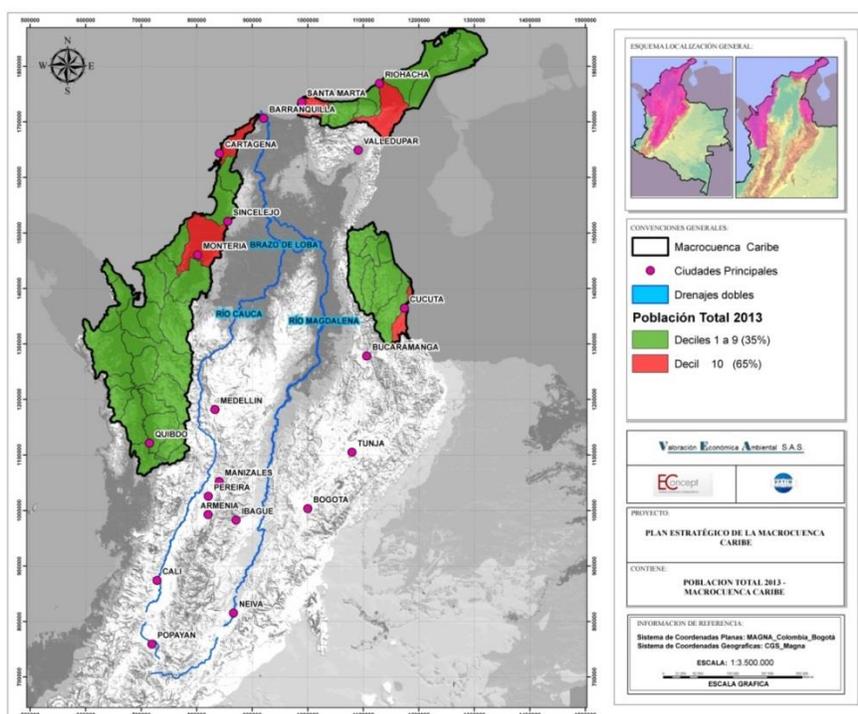
Fuente: Cálculos UT Macrocuencas

3.3.2 Demanda

3.3.2.1 Crecimiento de la demanda de agua por sectores

El cálculo de la demanda de agua está estrechamente relacionado con la dinámica poblacional que se presente en la Macrocuenca. Esto se debe a que un aumento en la población no sólo significa mayor demanda hídrica doméstica sino que también significa mayor demanda hídrica agropecuaria para satisfacer las necesidades alimenticias de la población y mayor demanda hídrica industrial para satisfacer la demanda de bienes y servicios de la población. En este sentido se identifica que las zonas con mayor población van a ejercer una mayor demanda del recurso hídrico. En la Ilustración 3.51 se muestra la distribución de la población de la Macrocuenca

Ilustración 3.51. Distribución de la población total de la macrocuenca 2013



Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de (DANE)

Como se observa en la Ilustración 3.51, el 65% de la población de la Macrocuenca se concentra en tan sólo 5 subzonas. En la Tabla 3.20 se presentan las subzonas con mayor concentración de población.

Tabla 3.20. Porcentaje de población distribuido por subzonas

| Cód SZH | Subzona Hidrográfica | % Población |
|---------|--|-------------|
| 1401 | Arroyos Directos al Caribe | 20,83% |
| 1601 | Río Pamplonita | 16,81% |
| 1303 | Bajo Sinú | 12,29% |
| 1501 | Río Guachaca -Río Piedras - Río Manzanares | 9,02% |
| 1506 | Río Ranchería | 5,73% |
| 1201 | Río León | 5,27% |

| Cód SZH | Subzona Hidrográfica | % Población |
|---------|--|-------------|
| 1508 | Río Carraipía - Paraguachón, Directos al Golfo Maracaibo | 3,74% |
| 1310 | María la Baja | 3,36% |
| 1104 | Río Bebaramá y otros Directos Atrato | 2,50% |
| 1605 | Río Algodonal (Alto Catatumbo) | 2,50% |
| 1302 | Medio Sinú | 2,26% |
| 1309 | Directos Caribe Golfo de Morrosquillo | 2,07% |
| 1202 | Río Mulatos | 1,40% |
| OTRAS | | 12,19% |

Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de (DANE)

Para analizar más detalladamente la distribución de la población se realizó una revisión de las 42 subzonas hidrográficas y las cabeceras de los municipios que hacen parte de éstas subzonas, se dividieron en diez grupos (Deciles). En este orden de ideas en la se presentan las subzonas clasificadas en los 10 grupos de acuerdo al número de habitantes para el año 2013, adicional a esto se presenta el valor del índice de vulnerabilidad hídrica IVH en año seco para las cabeceras municipales que hacen parte de cada subzona.

Tabla 3.21. Población total con número de cabeceras discriminadas por IVH

| Decil | Población Total 2013 | % Población Total | Índice de Vulnerabilidad Hídrica – Tiempo Seco | | | | | | | |
|--------------|----------------------|-------------------|--|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|
| | | | Número de Cabeceras | % | Muy bajo | Bajo | Medio | Alto | Muy alto | S.I. |
| 10 | 3.234.532 | 65% | 37 | 32% | 10 | 5 | 7 | 9 | 1 | 5 |
| 9 | 743.967 | 15% | 9 | 8% | | 2 | 2 | 4 | | 1 |
| 8 | 412.028 | 8% | 18 | 15% | 1 | 6 | 1 | 4 | | 6 |
| 7 | 226.983 | 5% | 17 | 15% | | 8 | 1 | 2 | | 6 |
| 6 | 152.651 | 3% | 15 | 13% | 4 | 6 | 4 | | | 1 |
| 5 | 87.265 | 2% | 8 | 7% | 2 | 4 | | | | 2 |
| 4 | 57.825 | 1% | 1 | 1% | 1 | | | | | |
| 3 | 37.401 | 1% | 3 | 3% | 1 | | 2 | | | |
| 2 | 25.560 | 1% | 4 | 3% | 2 | 1 | 1 | | | |
| 1 | 16.547 | 0% | 5 | 4% | 2 | | 1 | | | 2 |
| TOTAL | 4.994.758 | 100% | 117 | 100% | 23 | 32 | 19 | 19 | 1 | 23 |

Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de (DANE)

*S.I.: Sin Información

De la Tabla 3.21 sobresale como el 17% de las cabeceras municipales de toda la Macrocuena presentan un índice de vulnerabilidad hídrica IVH alto o muy alto, lo que sugiere una fragilidad muy fuerte para el abastecimiento del agua ante amenazas. De igual manera se observa que los valores de vulnerabilidad altos o muy altos se presentan en las zonas donde se concentra más población, como el caso de los deciles 8,9 y 10.

En la Tabla 3.22 se presentan los resultados del IVH para el caso de las subzonas con mayor concentración de población.

Tabla 3.22. Subzonas con mayor número de cabeceras con IVH alto y muy alto

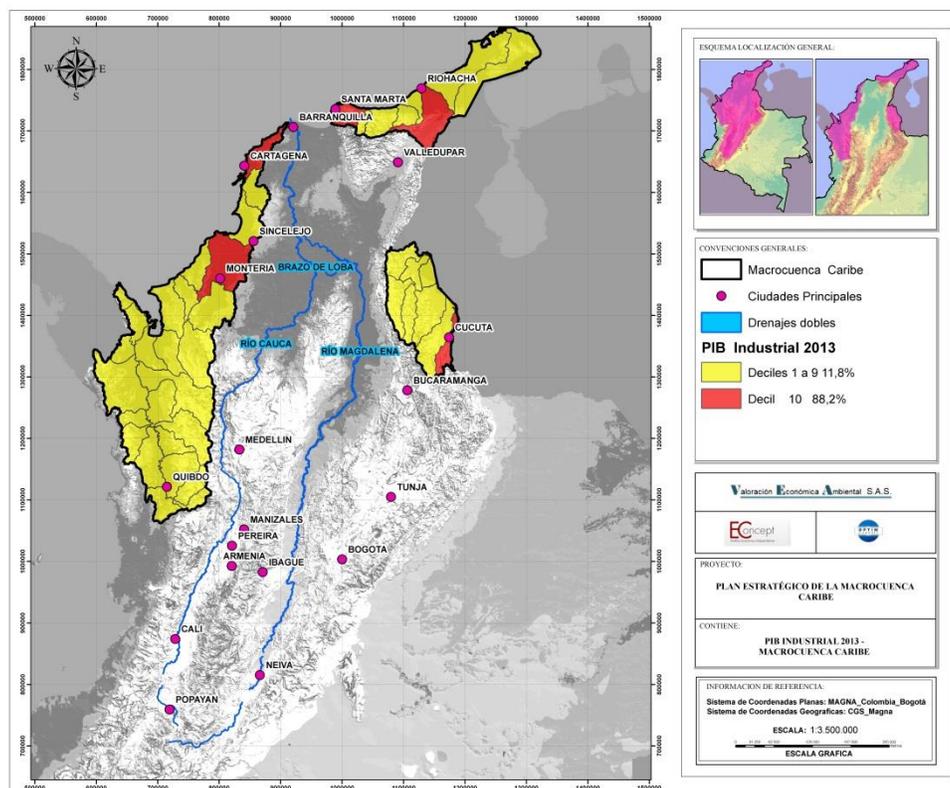
| Szh | Subzona Hidrográfica | Grupo | Población Total 2013 | %Población Total | índice de Vulnerabilidad Hídrica - Tiempo Seco |
|-----|----------------------|-------|----------------------|------------------|--|
|-----|----------------------|-------|----------------------|------------------|--|

| | | | | | #Cabeceras | Alto | Muy alto |
|------|--|----|-----------|-----|------------|------|----------|
| 1401 | Arroyos Directos al Caribe | 10 | 1.041.551 | 21% | 3 | 2 | 1 |
| 1501 | Río Pamplonita | 10 | 840.582 | 17% | 1 | 1 | |
| 1506 | Río Guachaca -Río Piedras - Río Manzanares | 10 | 450.981 | 9% | 1 | 1 | |
| 1601 | Río Ranchería | 10 | 286.736 | 6% | 5 | 5 | |
| 1201 | Río León | 9 | 263.434 | 5% | 1 | 1 | |
| 1310 | María la Baja | 9 | 168.120 | 3% | 3 | 3 | |
| 1605 | Río Algodonal (Alto Catatumbo) | 8 | 125.133 | 3% | 3 | 3 | |
| 1202 | Río Mulatos | 8 | 70.122 | 1% | 1 | 1 | |
| 1602 | Río Zulía | 7 | 54.749 | 1% | 2 | 2 | |

Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de (DANE)

Ahora bien, como se mencionó anteriormente la dinámica poblacional está muy relacionada con la dinámica industrial de la Macrocuenca, en este sentido resulta importante analizar la actividad industrial de la Macrocuenca. En la Ilustración 3.52 se presenta la concentración de la actividad Industrial analizando el PIB industrial por subzona hidrográfica.

Ilustración 3.52. Distribución del PIB Industrial 2013



Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información del DANE y Banco de la República.

Como se observa en la Ilustración 3.52, el 88,2 % de la actividad industrial de la Macrocuenca se concentra en tan sólo 5 subzonas, respectivamente, se encuentra que en estas mismas subzonas

se concentra el 80,5% de la demanda de agua industrial de la Macrocuena. En la Tabla 3.23 se presentan las subzonas correspondientes a este decil 10.

Tabla 3.23. Actividad industrial con respecto a la demanda de agua industrial de la Macrocuena

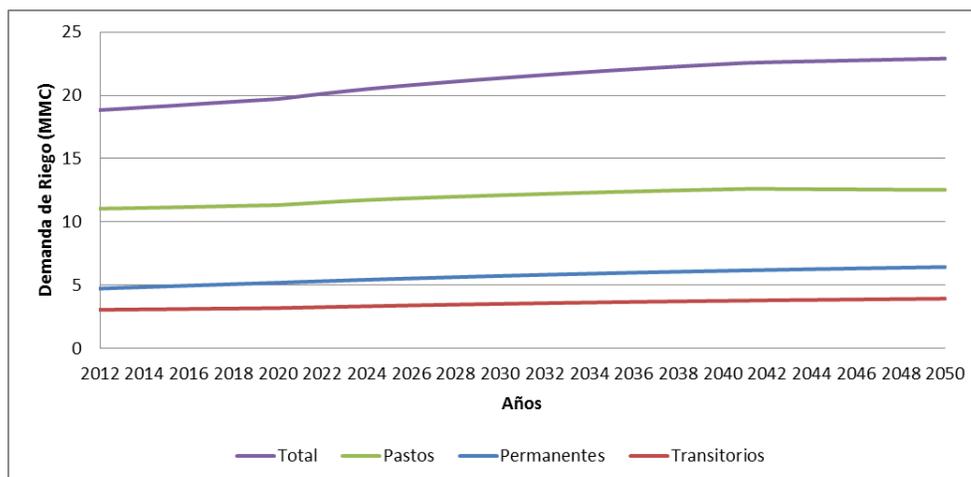
| Cód SZH | Subzona Hidrográfica | % del Actividad Industrial con respecto a la Macrocuena | % Demanda de agua industrial de la Macrocuena |
|---------|---|---|---|
| 1401 | Arroyos Directos al Caribe | 52,49% | 32,60% |
| 1601 | Río Pamplonita | 14,65% | 26,43% |
| 1501 | Río Guachaca -Río Piedras - Río Manzanares | 10,58% | 9,39% |
| 1303 | Bajo Sinú | 6,10% | 9,35% |
| 1506 | Río Ranchería | 4,38% | 2,74% |
| 1201 | Río León | 3,27% | 3,30% |
| 1310 | María la Baja | 1,36% | 1,26% |
| 1507 | Directos Caribe - Ay.Sharimahana Alta Guajira | 1,26% | 0,01% |
| 1309 | Directos Caribe Golfo de Morrosquillo | 1,21% | 0,69% |
| OTRAS | | 4,70% | 14,23% |
| TOTAL | | 100% | 100% |

Fuente: Cálculos UT Macrocuenas con información del DANE y Banco de la República.

De la Tabla 3.23 sobresale que en tan sólo las subzonas 1401 y 16012 se concentra más de la mitad de actividad industrial de la Macrocuena, al igual que la demanda de agua para el sector industrial.

Con respecto a la demanda de agua del sector agropecuario se realizó un análisis de la demanda de riego para cada subzona de la Macrocuena. En la Ilustración 3.53 se presenta la demanda de riego para las diferentes coberturas agropecuarias, cultivos permanentes, cultivos transitorios y pastos.

Ilustración 3.53. Demanda de riego



Fuente: UT Macrocuenas con información de INCODER

En la Tabla 3.24 se presentan las subzonas más significativas para la demanda de riego en la Macrocuenca.

Tabla 3.24. Porcentaje de participación área total cultivos respecto a su área total

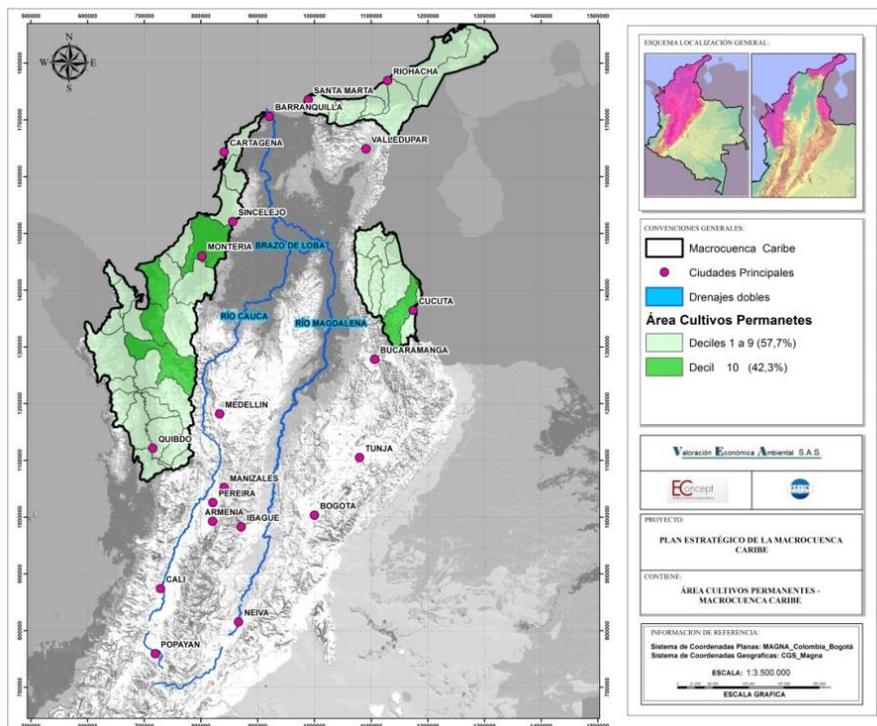
| SZH | Subzona Hidrográfica | Área regada (ha) | Área total cultivos (ha) | % Regados/ Total | Área Regada/Total área regada Macrocuenca |
|------|---|------------------|--------------------------|------------------|---|
| 1303 | Bajo Sinú | 94.055 | 429.133 | 21,9% | 14,2% |
| 1310 | Maria la Baja | 19.670 | 89.150 | 22,1% | 3,0% |
| 1602 | Río Zulia | 17.530 | 140.085 | 12,5% | 4,6% |
| 1605 | Río Algodonal (Alto Catatumbo) | 2.781 | 102.129 | 2,7% | 3,4% |
| 1107 | Río Murri | 1.080 | 76.163 | 1,4% | 2,5% |
| 1601 | Río Pamplonita | 1.003 | 65.140 | 1,5% | 2,2% |
| 1309 | Directos Caribe Golfo de Morrosquillo | 238 | 166.081 | 0,1% | 5,5% |
| 1111 | Río Sucio | 171 | 160.122 | 0,1% | 5,3% |
| 1501 | Río Guachaca -Río Piedras - Río Manzanares | 73 | 47.115 | 0,2% | 1,6% |
| 1502 | Río Don Diego | 58 | 5.447 | 1,1% | 0,2% |
| 1401 | Arroyos Directos al Caribe | 47 | 105.774 | 0,0% | 3,5% |
| 1603 | Río Nuevo Presidente - Tres Bocas (Sardinata, Tibú) | 35 | 132.065 | 0,0% | 4,4% |

Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de INCODER

De la Tabla 3.24 sobresale como el 50,4% del área regada de la Macrocuenca corresponde a 12 subzonas hidrográficas, siendo la subzona del Bajo Sinú la que representa mayor área regada (14,2%) con respecto al área total de la Macrocuenca.

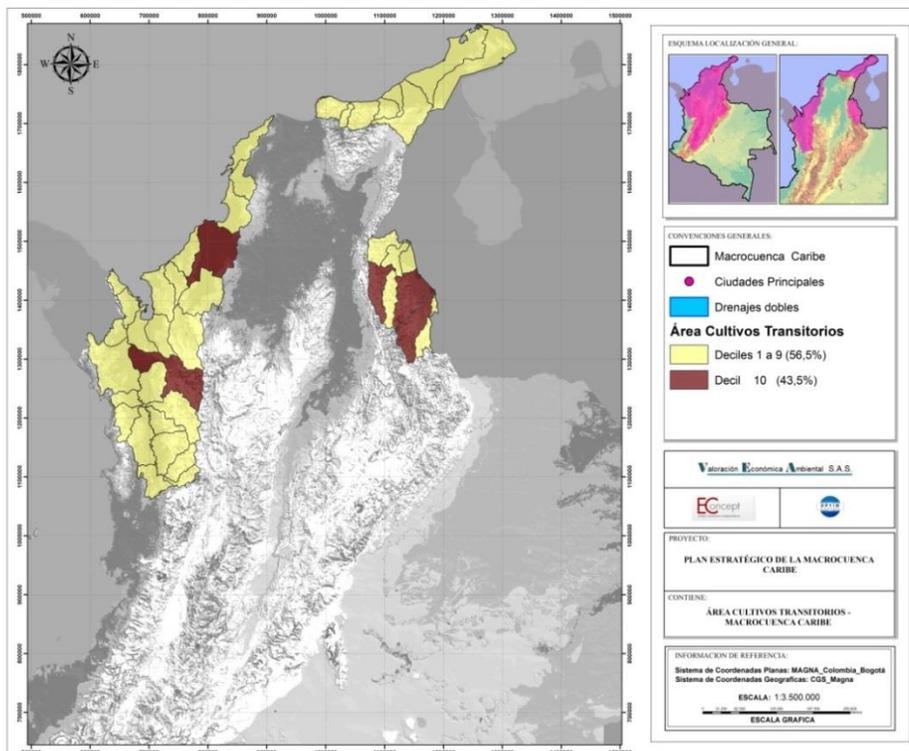
Para diferenciar en cuáles subzonas se demanda agua para cultivos permanentes, transitorios o pastos se presenta la Ilustración 3.54, Ilustración 3.55 y la Ilustración 3.56.

Ilustración 3.54. Cultivos Permanentes 2013



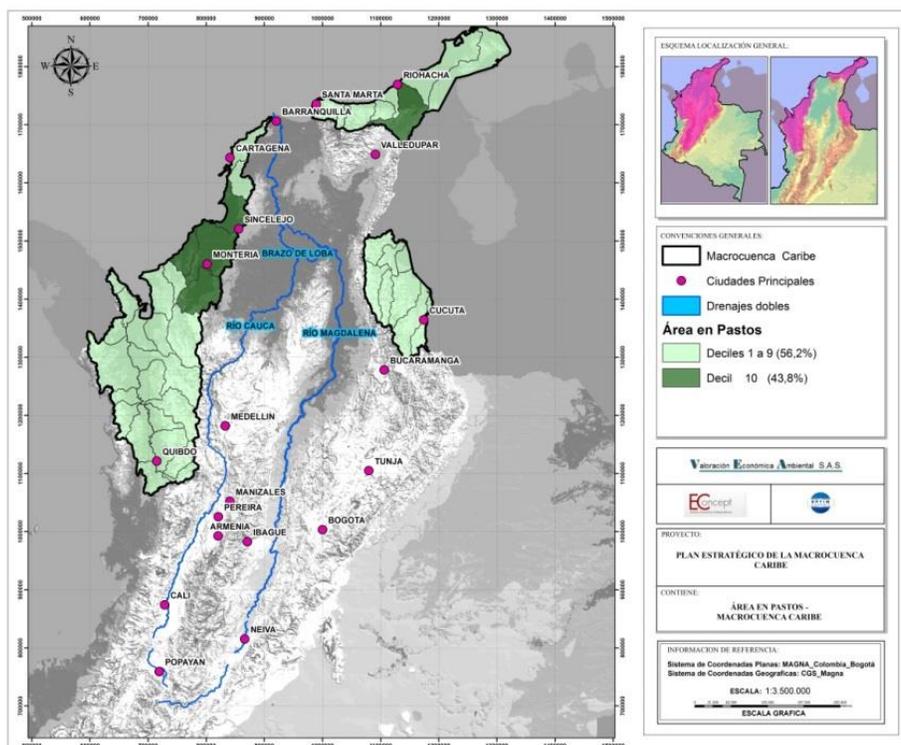
Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de INCODER

Ilustración 3.55. Cultivos Transitorios 2013



Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de INCODER

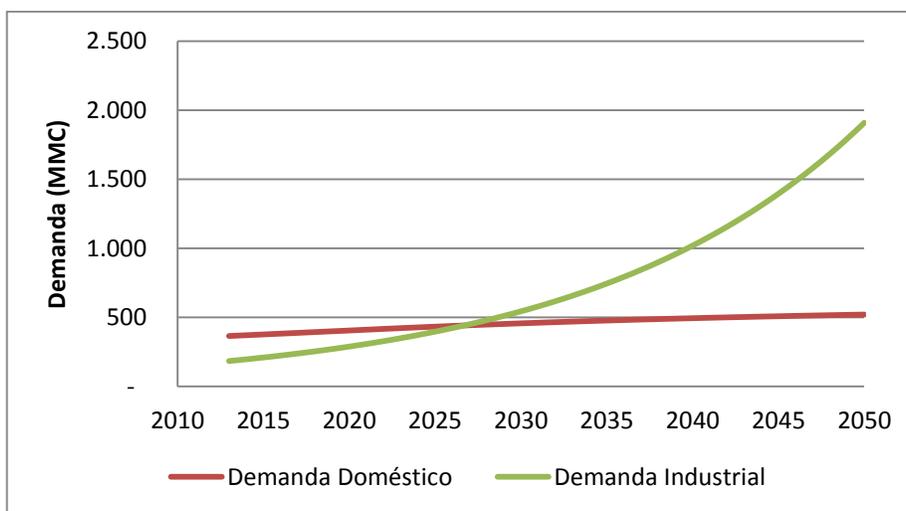
Ilustración 3.56. Distribución de Pastos 2013



Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de INCODER

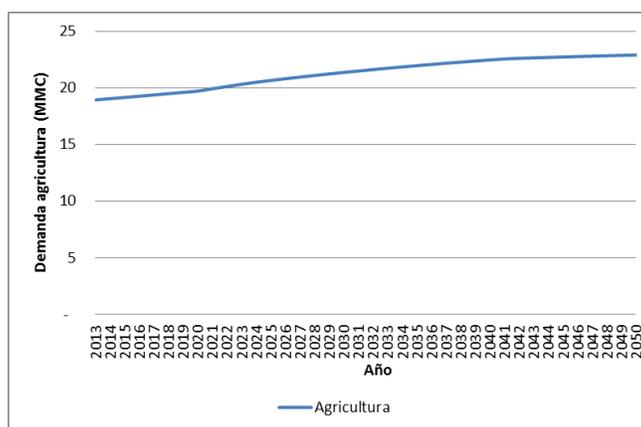
Ahora, cuando se compara la demanda doméstica, la demanda industrial y la demanda agropecuaria se puede inferir que en algún momento se va a presentar un conflicto por el uso del agua. Las demandas proyectadas por uso para la Macrocuena (En millones de metros cúbicos-MMC) se presentan en la Ilustración 3.57 y la Ilustración 3.58.

Ilustración 3.57. Crecimiento de la demanda de agua en la Macrocuena



Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de (IDEAM, 2010)

Ilustración 3.58. Proyección de la demanda agropecuaria al 2050



Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de INCODER

Al comparar la Ilustración 3.57 y la Ilustración 3.58 se observa que la demanda agropecuaria resulta muy pequeña en comparación con la demanda de los otros dos sectores. Ahora, en el caso del sector industrial se observa que aunque la demanda resulta menor que la demanda doméstica, se después del año 2030 esta demanda va a superarla, por lo que se puede presentar un conflicto de uso por estos dos sectores.

En la Tabla 3.25 se presentan las subzonas con potencial de conflictos de uso del agua por los diferentes sectores. Cuando la demanda total es mayor a la oferta total, hay mayor presión en el recurso hídrico. En este caso, se presenta la mayor presión en la subzona 1508 (Río Carraipía - Paraguachón, Directos al Golfo Maracaibo) sin superar la oferta del área.

Tabla 3.25. Subzonas con potencial de conflicto del agua en el 2030

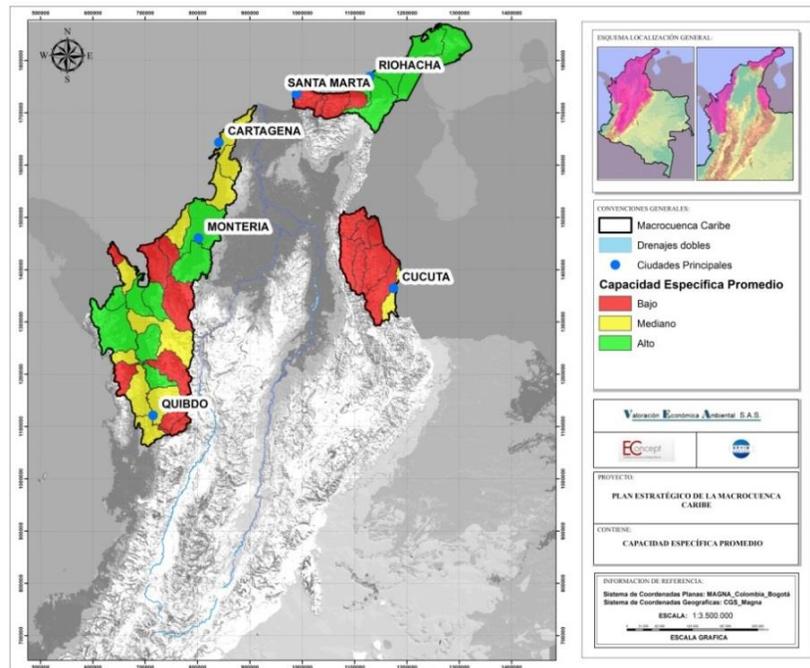
| SZH | Subzona Hidrológica | Oferta Total Anual Seco (MMC) | Demanda Total 2030 (MMC) | Demanda Doméstica (MMC) | % Doméstico | Demanda Industrial (MMC) | % Industrial | Demanda Agropecuaria (MMC) | % Agropecuario |
|------|--|-------------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|--------------|----------------------------|----------------|
| 1508 | Río Carraipía - Paraguachón, Directos al Golfo Maracaibo | 31,77 | 19,21 | 16,48 | 86% | 2,74 | 14% | - | 0% |
| 1507 | Directos Caribe - Ay.Sharimahana Alta Guajira | 55,68 | 11,04 | 11,00 | 100% | 0,03 | 0% | - | 0% |
| 1601 | Río Pamplonita | 271,92 | 217,93 | 70,75 | 32% | 147,18 | 68% | - | 0% |
| 1401 | Arroyos Directos al Caribe | 338,50 | 252,44 | 76,87 | 30% | 172,43 | 68% | 3,15 | 1% |
| 1505 | Río Camarones y otros directos Caribe | 116,35 | 0,57 | 0,53 | 94% | 0,03 | 6% | - | 0% |
| 1504 | Río Tapias | 194,93 | 0,73 | 0,69 | 95% | 0,03 | 5% | - | 0% |
| 1203 | Río San Juan | 236,50 | 5,27 | 4,13 | 78% | 1,14 | 22% | - | 0% |
| 1502 | Río Don Diego | 270,28 | 1,42 | 0,30 | 21% | 0,03 | 2% | 1,09 | 76% |
| 1506 | Río Ranchería | 325,10 | 42,26 | 27,72 | 66% | 14,53 | 34% | - | 0% |
| 1204 | Río Canaleta y otros Arroyos Directos al Caribe | 356,85 | 8,12 | 6,82 | 84% | 1,30 | 16% | - | 0% |

| SZH | Subzona Hidrológica | Oferta Total Anual Seco (MMC) | Demanda Total 2030 (MMC) | Demanda Doméstica (MMC) | % Doméstico | Demanda Industrial (MMC) | % Industrial | Demanda Agropecuaria (MMC) | % Agropecuario |
|------|--|-------------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|--------------|----------------------------|----------------|
| 1310 | Maria la Baja | 374,04 | 20,24 | 13,63 | 67% | 6,61 | 33% | - | 0% |
| 1202 | Río Mulatos | 513,79 | 21,22 | 16,65 | 78% | 4,57 | 22% | - | 0% |
| 1501 | Río Guachaca -Río Piedras - Río Manzanares | 703,53 | 98,32 | 42,92 | 44% | 53,71 | 55% | 1,69 | 2% |
| 1309 | Directos Caribe Golfo de Morrosquillo | 621,66 | 14,49 | 10,67 | 74% | 3,82 | 26% | - | 0% |
| 1116 | Río Tolo y otros Directos al Caribe | 623,17 | 0,64 | 0,61 | 95% | 0,03 | 5% | - | 0% |
| 1503 | Río Ancho y Otros Directos al Caribe | 722,42 | 1,08 | 1,05 | 97% | 0,03 | 3% | - | 0% |
| 1604 | Río Tarra | 732,90 | 1,83 | 1,80 | 98% | 0,03 | 2% | - | 0% |
| 1605 | Río Algodonal (Alto Catatumbo) | 882,52 | 29,27 | 11,17 | 38% | 16,84 | 58% | 1,26 | 4% |
| 1606 | Río Socuavo del Norte y Río Socuavo Sur | 1.115,89 | 0,38 | 0,35 | 91% | 0,03 | 9% | - | 0% |
| 1113 | Río Cacarica | 1.136,53 | 0,19 | 0,16 | 82% | 0,03 | 18% | - | 0% |

Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de INCODER; (IDEAM, 2010)

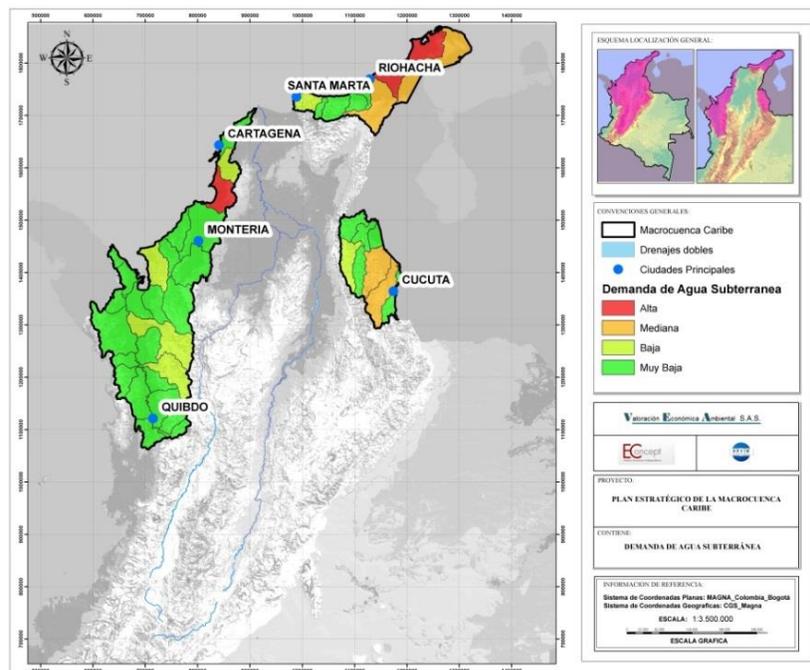
Un tema álgido en la discusión de demanda es el tema de la demanda de agua subterránea, aunque esta estimación resulta más compleja que la demanda superficial a continuación se presenta una estimación de demanda de agua subterránea para la Macrocuena, calculada a partir de los datos del Estudio Nacional del Agua-ENA (IDEAM, 2010). En la siguiente ilustración se muestra la oferta estimada de agua subterránea, mientras que en la Ilustración 3.60 se presenta la estimación de la demanda de agua subterránea potencial.

Ilustración 3.59. Oferta de agua subterránea – Capacidad específica promedio



Fuente: Cálculos UT con información de (INGEOMINAS, 2002)

Ilustración 3.60. Demanda de agua subterránea.



Fuente: Cálculos UT Macrocuenca con información de (IDEAM, 2010)

3.3.2.2 Vulnerabilidad al desabastecimiento de cascos urbanos medianos y pequeños en la Macrocuenca

La Macrocuenca Caribe tiene 4 centros poblados que tienen entre 100.000 y un millón de habitantes y 109 centros poblados de menos de 100.000 habitantes y que no están en los corredores industriales.

Para analizar el grado de vulnerabilidad al desabastecimiento de agua en los centros urbanos medianos y pequeños, se trabajó con la información del Estudio Nacional del Agua 2010. Para cada cuenca abastecedora se proyectó el Índice de Vulnerabilidad Hídrica al desabastecimiento (IVH)¹ hasta el 2050. Lo anterior, mediante el análisis de la demanda doméstica e industrial que cada cabecera municipal genera sobre la cuenca abastecedora, la relación con la oferta hídrica superficial disponible y el índice de retención y regulación hídrica (IRH) de la cuenca.

Se hizo el análisis de vulnerabilidad al desabastecimiento para los centros urbanos pequeños (menos de 100.000 habitantes) y medianos (entre 100.000 y un millón de habitantes). Se excluyeron los corredores o agrupaciones industriales. Estos se analizaron de forma independiente en la sección anterior. Se analizaron los centros urbanos pequeños y medianos, clasificados de acuerdo con sus IVHs (Alto, Medio, Bajo y Muy Bajo), su población y demanda de agua.

La siguiente tabla presenta el número de poblaciones pequeñas y medianas clasificadas según el IVH de su cuenca abastecedora, su población y demanda de agua doméstica.

Tabla 3.26. Clasificación y crecimiento de centros urbanos pequeños y medianos según IVH para el año 2013

| IVH | Centros Urbanos | | | | Población | | | | Demanda doméstica | | | |
|--------------|-----------------|-------------|----------|----------------|------------------|-------------|----------------|-------------|--------------------|-------------|-------------------|-------------|
| | Pequeños | | Medianos | | Pequeños | | Medianos | | Pequeños | | Medianos | |
| Muy Alto | 4 | 3,67% | 1 | 25,00% | 58.178 | 4% | 106.580 | 19,07% | 5.431.046 | 4,64% | 7.089.026 | 19,42% |
| Alto | 26 | 23,85% | 1 | 25,00% | 555.438 | 38,19% | 144.976 | 25,93% | 42.858.755 | 36,58% | 10.141.628 | 27,79% |
| Medio | 62 | 56,88% | 1 | 25,00% | 640.745 | 44,06% | | 0% | 51.280.851 | 43,77% | | 0% |
| S.l | 17 | 15,60% | 1 | 25,00% | 199.870 | 13,74% | 307.451 | 55% | 17.584.328 | 15,01% | 19.267.649 | 52,79% |
| Total | 109 | 100% | 4 | 100,00% | 1.454.231 | 100% | 559.007 | 100% | 117.154.980 | 100% | 36.498.303 | 100% |

Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de DANE, IDEAM

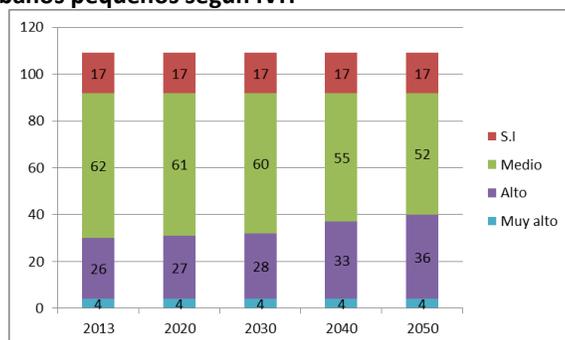
De acuerdo con la tabla anterior, el 28% de los centros urbanos pequeños (con población menor de 100.000 habitantes), presentan actualmente un IVH Muy Alto y Alto y concentra el 41% de la demanda de agua total para este grupo de centros urbanos.

El 50% centros urbanos medianos (entre 100.000 y un millón de habitantes) tiene índices de vulnerabilidad altos. Esto indica el alto nivel de estrés hídrico para este tipo de centros urbanos.

¹ El Índice de Vulnerabilidad Hídrica- IVH representa el grado de fragilidad del sistema hídrico para mantener una oferta para el abastecimiento de agua que, ante amenazas, como periodos largos de estiaje o eventos como el Fenómenos del Niño podrían generar riesgos de desabastecimiento.

La siguiente ilustración presenta la evolución proyectada en el tiempo de los IVH para los centros urbanos pequeños.

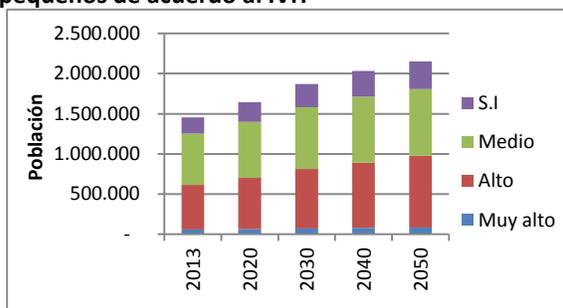
Ilustración 3.61. Centros urbanos pequeños según IVH



Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de DANE, IDEAM

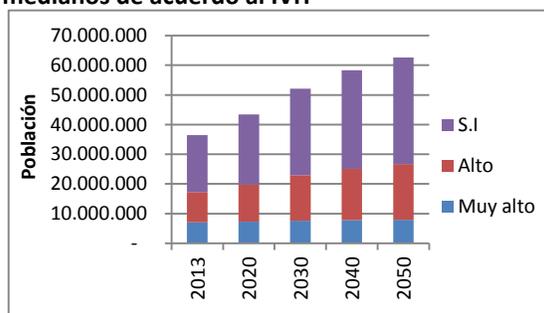
En la siguiente ilustración se presentan las proyecciones de población y de demanda doméstica de agua, y de los IVH para centros urbanos pequeños y medianos, hasta el año 2050.

Ilustración 3.62. Población en Centros urbanos pequeños de acuerdo al IVH

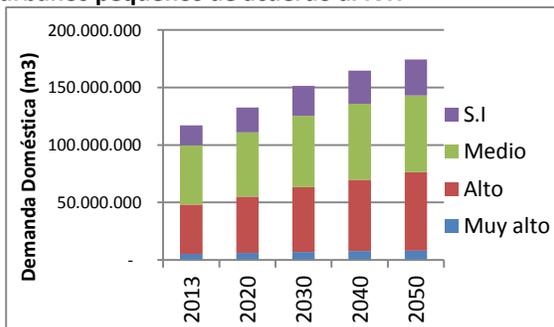


Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de DANE, IDEAM

Ilustración 3.63. Población en Centros urbanos medianos de acuerdo al IVH

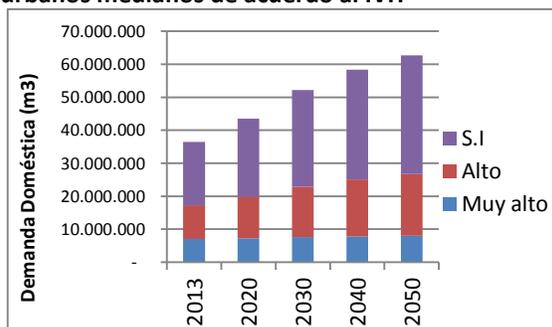


Gráfica 3.3-1. Demanda Doméstica en Centros urbanos pequeños de acuerdo al IVH



Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de DANE, IDEAM

Gráfica 3.3-2. Demanda Doméstica en Centros urbanos medianos de acuerdo al IVH



Evidentemente, el crecimiento tendencial de la población y el consumo de agua por parte de los distintos sectores conduciría a situaciones extendidas de escases y desabastecimiento de agua potable en estos municipios. Para evitar estas situaciones serían necesarios incentivos que promovieran cambios tecnológicos y regulatorios conducentes a una mayor eficiencia en los

consumos, e intervenciones en manejo de cuencas dirigidas a aumentar, dentro de los límites naturalmente posibles, la oferta y la regulación hidrológica de las cuencas.

3.3.2.3 Posibilidades de acción

Para garantizar una demanda de agua racional y coherente con la oferta hídrica superficial disponible se plantean cuatro posibilidades de acción:

- Controlar las pérdidas en los sistemas de abastecimiento.
- Implementar programas de uso “Eficiente y Ahorro del Agua”
- Desarrollar infraestructura de almacenamiento y/o transporte desde subzonas con oferta hídrica superficial disponible.
- Mejorar el conocimiento y las tecnologías de aprovechamiento de agua subterránea.

El control de pérdidas de agua está relacionado directamente con las pérdidas técnicas en el sistema de acueducto que corresponden a la diferencia de volumen que existe entre el volumen del agua captada y el volumen de agua entregada al usuario.

Según el Reglamento Técnico del Sector de Agua potable y Saneamiento Básico (RAS), los porcentajes máximos admisibles de pérdidas técnicas para sistemas que no tengan registros de su sistema de acueducto, se pueden resumir en la Tabla 3.27.

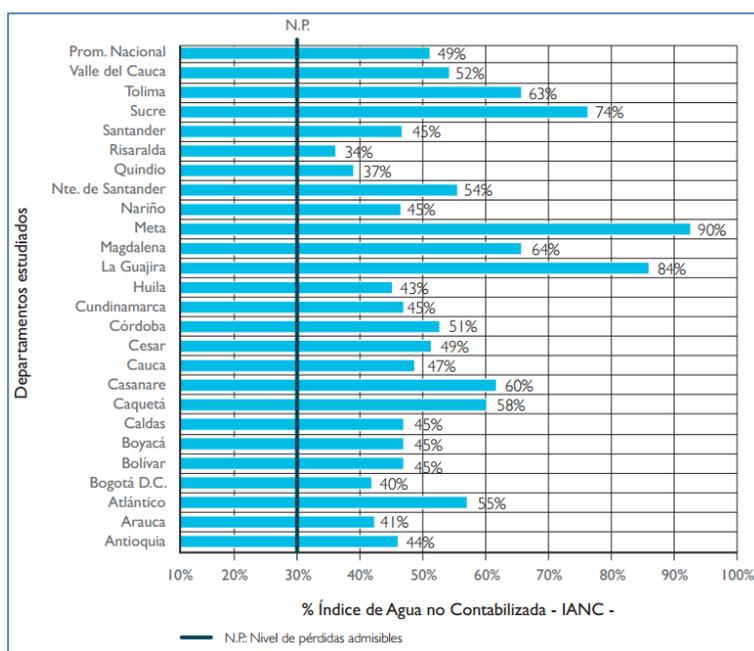
Tabla 3.27. Porcentajes máximos admisibles de pérdidas técnicas

| Nivel de complejidad del sistema | Porcentajes máximos admisibles de pérdidas técnicas para el cálculo de la dotación bruta |
|----------------------------------|--|
| Bajo | 40% |
| Medio | 30% |
| Medio alto | 25% |
| Alto | 20% |

Fuente: Reglamento Técnico del Sector de Agua potable y Saneamiento Básico (CONPES3320, Estrategia para el Manejo Ambiental del Río Bogotá, 2005)

Otro índice de interés para la pérdida de agua es el índice de agua no contabilizada (IANC). Según el artículo 2.4.3.14 de la Resolución 151 de 2001 expedida por la CRA, se establece que el índice de agua no contabilizada (IANC) no debe superar el 30%: “El IANC mide el grado de control que tienen las empresas sobre el recurso, es decir, se considera como un parámetro de eficiencia técnica de los prestadores de servicio del acueducto” (Comisión de regulación de agua potable y saneamiento básico, 2005). Pese a esto, hoy en día el porcentaje del país se encuentra en 49% (SSPD, 2010). Es importante aclarar que este indicador no hace diferencia entre las pérdidas técnicas y las pérdidas comerciales y por esto no se puede solicitar una acción específica al prestador de servicios; sin embargo, si permite una aproximación más clara sobre las pérdidas totales que se están dando en el sistema. Esta información se discrimina por departamento en la Ilustración 3.64.

Ilustración 3.64. Comportamiento del IANC en Colombia para el año 2009



Fuente: Superintendencia de Servicios Públicos Domésticos. (SSPD, 2010)

Otra estrategia viable para garantizar una demanda coherente con la oferta es la implementación de políticas para el uso eficiente del recurso hídrico. La ley 373 de 1997, indica la creación del Programa del “Uso Eficiente y Ahorro del Agua”. En el artículo 1 se define el programa como: “los proyectos y acciones que deben elaborar y adoptar las entidades encargadas de la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado, riego y drenaje, producción hidroeléctrica y demás usuarios del recurso hídrico”.

Este programa compromete a las entidades ambientales y demás entidades competentes a realizar las estrategias de uso eficiente del recurso así como su regulación, pérdidas por la distribución y seguimiento a las empresas para que cumplan lo pactado en la ley.

Las entidades competentes realizan guías para la implementación del programa dependiendo de su jurisdicción, por ejemplo, la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) publicó una guía como instrumento de acompañamiento, diagnóstico y estrategias para el uso eficiente del agua para los distintos sectores productivos que le competen. (CAR, 2006)

Como se observa para el tema de los programas de uso eficiente y ahorro del agua, en el país ya existen los instrumentos para implementarlos, así como entidades que asesoran al respecto, la ruta a seguir sería entonces fortalecer estos programas para disminuir efectivamente la demanda del recurso hídrico.

3.3.2.4 Escenarios de desarrollo

Para responder a la pregunta de cómo cambiaría la demanda por sector en los próximos 40 años se plantearon 3 diferentes escenarios: Optimista, probable y pesimista.

Los resultados y modelación para la demanda de agua de los cascos urbanos medianos y pequeños, de los corredores industriales y la demanda de área por parte del sector agropecuario se encuentran desarrollados más adelante en el capítulo 4 , sección 4.2.

Para el caso del escenario *optimista* se plantea una situación en donde se presenta un índice de agua no contabilizada- IANC del 30% según la reglamentación colombiana, lo que mejora notablemente los sistemas de abastecimiento de agua. Además con el fortalecimiento de los programas de ahorro y uso eficiente del agua, se logra disminuir el consumo de agua de los hogares hasta en un 25%, y el consumo de agua industrial hasta en un 15%.

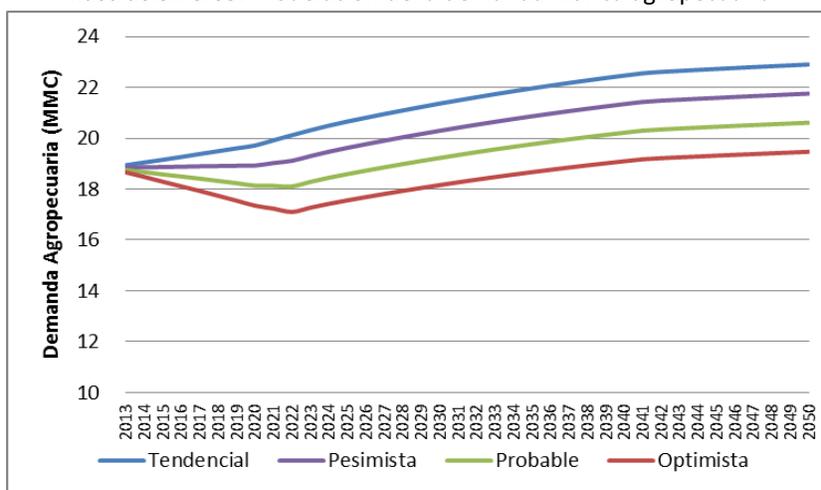
Para el caso del escenario *probable* se plantea una situación en donde se presenta un índice de agua no contabilizada- IANC del 37%. Adicional a esto los programas de ahorro eficiente logran reducir el consumo de los hogares hasta en un 15% y del sector industrial hasta el 10%.

Para el caso del escenario *pesimista* se plantea una situación en donde se presenta un índice de agua no contabilizada- IANC del 44%. Adicional a esto los programas de ahorro eficiente logran reducir el consumo de los hogares hasta en un 5% y del sector industrial hasta el 5%.

Vale la pena aclarar que esta modelación se realizó teniendo en cuenta que las mejoras se producirían en los próximos 10 años. Luego de estos 10 años la demanda va a seguir su comportamiento tendencial, es decir sin ningún tipo de mejora

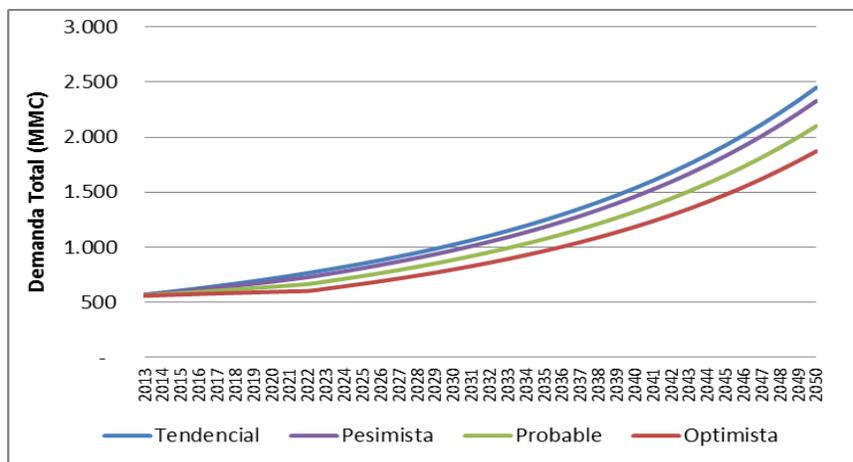
A continuación se presentan los resultados de esta modelación.

Ilustración 3.65. Modelación de la demanda hídrica agropecuaria



Fuente: Cálculos UT Macrocuencas

Ilustración 3.66. Modelación de la demanda hídrica total



Fuente: Cálculos UT Macrocuencas

3.3.2.4.1 Sector Doméstico: escenarios para la reducción de pérdidas técnicas y aumento de la eficiencia en el uso del agua en centros poblados medianos y pequeños

La dinámica de la demanda doméstica de agua en los centros poblados medianos (entre 100.000 y 1.000.000 de habitantes) y pequeños (menos de 100.000 habitantes) se modeló incluyendo dos factores: mejoras en el control de pérdidas en los sistemas de abastecimiento², mejoras en la eficiencia en el uso del agua a nivel de hogares. Estas dos oportunidades de mejoramiento se plantearon en tres escenarios que se presentan a continuación junto con el escenario tendencial.

Tabla 3.28. Escenarios de desarrollo propuestos para el sector doméstico en centros urbanos medianos y pequeños

| Escenario | Características Principales |
|------------|---|
| Optimista | <ul style="list-style-type: none"> El IANC medio es del 30%. Esto correspondería al cumplimiento de la reglamentación colombiana. Reducción del consumo de los hogares en un 20% Estos cambios suceden en un periodo de 10 años. |
| Probable | <ul style="list-style-type: none"> El IANC medio es de 37% Reducción del consumo de los hogares en un 15% Estos cambios suceden en un periodo de 10 años. |
| Pesimista | <ul style="list-style-type: none"> El IANC medio actual del país se mantiene en 44%. Reducción del consumo de los hogares en un 5% Estos cambios suceden en un periodo de 10 años. |
| Tendencial | Escenario que proyecta el comportamiento de la demanda de agua según los patrones de consumo actual y de acuerdo a las proyecciones de crecimiento de los sectores industriales y de la población. |

Fuente: UT Macrocuencas

Los resultados de la modelación de la dinámica de la Demanda Doméstica bajo los escenarios propuestos se presentan en la siguiente gráfica.

² Calculado mediante las mejoras en el índice de agua no contabilizada (IANC)

Ilustración 3.67. Demanda en Centros urbanos pequeños

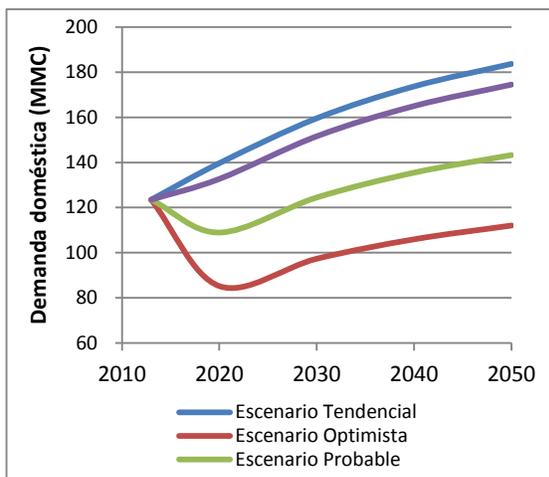
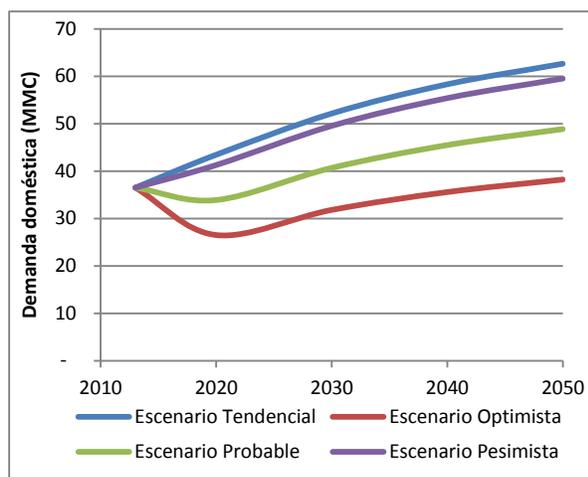


Ilustración 3.68. Demanda en Centros urbanos medianos



Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de DANE, IDEAM

De acuerdo con la Ilustración 3.67 el escenario tendencial muestra que el consumo de agua en centros urbanos pequeños llegará a cerca de 180 millones de metros cúbicos (MMC) en el 2050. Como puede apreciarse en esta gráfica, reducciones pequeñas en el IANC (menores al 5%) conducen a reducciones pequeñas de la demanda total de agua.

La línea verde de la Ilustración 3.67 presenta el escenario probable. Bajo este escenario se mantendría la demanda en los niveles actuales en virtud de reducciones de pérdidas técnicas en los sistemas de abastecimiento y de reducciones en las tasas de consumo de hasta un 15% en los hogares.

De acuerdo con la Ilustración 3.68 el consumo de agua en los centros urbanos medianos podría llegar a ser menor que los niveles de demanda actuales si se logran reducciones superiores a 37% en las pérdidas técnicas de los sistemas de abastecimiento, y si se logran disminuciones de las tasas de consumo de los hogares de hasta el 20%. Niveles de cambio como los descritos asegurarían el abastecimiento de las poblaciones de estos centros urbanos.

3.3.2.4.2 Sector Industrial: escenarios para la implementación de políticas de ahorro de agua en corredores

En la Macrocuena se encuentran 4 corredores industriales que generan el 56% del PIB industrial de la Macrocuena.

Consecuentemente, esos corredores industriales concentran la mayor parte de la demanda de agua industrial y doméstica. En conjunto demandan un total de 568 millones de metros cúbicos (MMC) en el 2013. Se estima que esa demanda crecerá hasta 2.451 MMC en el año 2050. De acuerdo con los análisis realizados mediante el modelo de dinámica de sistemas, el crecimiento de la demanda industrial es mayor al de la demanda doméstica; y en el 2050 la demanda industrial representará el 71% de la demanda total de los corredores industriales.

De acuerdo con lo anterior, las oportunidades de cambio en las tendencias de demanda de agua en los corredores industriales se centrarían en:

- ✓ Cambios en los patrones de consumo de los hogares.
- ✓ Aumento en la eficiencia (productividad) en el uso de agua industrial.

La información disponible sobre el uso industrial del agua, y la colectada a lo largo de los talleres regionales indican que se han logrado reducciones importantes en los índices de pérdidas en los sistemas de abastecimiento de agua industrial. Por lo anterior, pareciera existir poco espacio para la reducción de pérdidas en estos sistemas de abastecimiento.

Se modelaron entonces tres escenarios teniendo en cuenta cambios mejoramientos en la eficiencia del uso del agua y el ahorro en los sectores industriales y domésticos. Estos tres escenarios se presentan a continuación.

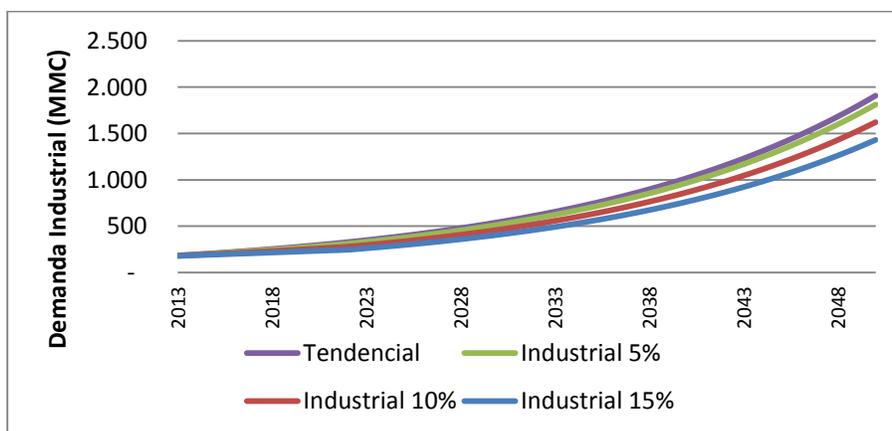
Tabla 3.29. Escenarios de desarrollo propuestos

| Escenario | Características Principales |
|------------|---|
| Optimista | <ul style="list-style-type: none"> • Se reduce el consumo por hogar en un 25%. • Se reduce el consumo por unidad de producto en un 15%. • Estos cambios se alcanzarán en un periodo de 10 años. |
| Probable | <ul style="list-style-type: none"> • Se reduce el consumo por hogar en un 15%. • Se reduce el consumo por unidad de producto en un 10%. • Estos cambios se alcanzarán en un periodo de 10 años. |
| Pesimista | <ul style="list-style-type: none"> • Se reduce el consumo por hogar en un 5%. • Se reduce el consumo por unidad de producto en un 5%. • Estos cambios se alcanzarán en un periodo de 10 años. |
| Tendencial | <ul style="list-style-type: none"> • Escenario que proyecta el comportamiento de la demanda de agua según los patrones de consumo actual, y de acuerdo a las proyecciones de crecimiento de los sectores industriales y de la población. |

Fuente: UT Macrocuencas

Los resultados de la modelación de la dinámica de la Demanda Industrial bajo estos tres escenarios, más el escenario tendencial, se presentan en la siguiente gráfica.

Ilustración 3.69 Modelación de Escenarios de Demanda Industrial en Corredores Industriales

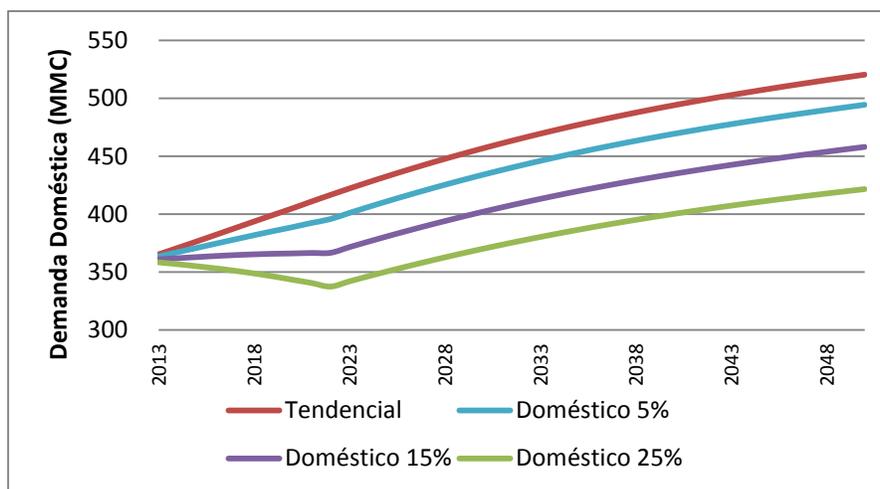


Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de DANE, IDEAM

La diferencia entre el escenario tendencial y el escenario en el que se mejora la productividad del agua en un 15% es de cerca de 543 millones de metros cúbicos (MMC) en el año 2050.

Los resultados de la dinámica de la Demanda Doméstica bajo estos tres escenarios, más el escenario tendencial, se presentan en la siguiente gráfica.

Ilustración 3.70 Modelación de Escenarios de Demanda Hídrica Doméstica en Corredores Industriales



Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de DANE, IDEAM

Como se observa en la gráfica anterior, la diferencia en el consumo de agua doméstica entre los dos escenarios extremos (tendencial y disminución del 25%) podría ser de 98,89 MMC para el año 2050. Esta diferencia representa el 27% del consumo actual (365,22 MMC en el 2013) del sector doméstico. Esto sugiere la necesidad de priorizar soluciones de ahorro y uso eficiente del agua no sólo para el sector industrial sino también en el doméstico.

En cuanto a la demanda del sector doméstico, en la Ilustración 3.70 se observa como las mejoras en el IANC y el ahorro a nivel hogar pueden llegar a disminuir la demanda hasta en 50 millones de metros cúbicos, y aún una mejora probable alcanza a disminuir la demanda moderadamente. Por otro lado, la demanda industrial no va a alcanzar a disminuir ni siquiera en el escenario optimista, lo que ocurre con esta demanda es que en vez de disminuir crece más lentamente.

Ahora, la demanda agropecuaria se comporta de manera similar a la doméstica, de manera que hasta las mejoras pesimistas logran disminuir la demanda en los próximos 10 años. A nivel de la demanda total se observa que la demanda va a crecer desaceleradamente para los escenarios pesimista y probable y va casi que a mantenerse constante en el caso del optimista.

En términos generales valdría la pena apostarle a la disminución de pérdidas técnicas y al fortalecimiento de los programas de ahorro y uso eficiente de agua.

3.3.2.4.3 Sector Agropecuario: escenarios de estimación de la demanda de área

De acuerdo a los cálculos realizados por la UT Macrocuencas con información de IDEAM, IGAC y Cormagdalena, para el año 2020, más del 38% de las subzonas tendrían alta presión por aumento en la demanda de área para producción agropecuaria, mientras que para el año 2050, aproximadamente el 55% de las subzonas de la Macrocuencia estarían con presión en la reducción de la cobertura natural.

Así mismo, de mantenerse las tendencias actuales de productividad, consumos agropecuarios y crecimientos de población e industria, en la Macrocuencia las áreas bajo cobertura natural estarían en riesgo de disminución; y se pasaría de 6,8 a 5,5 millones de hectáreas bajo cobertura natural en el 2050. Esto representaría una reducción de cerca del 28% en 40 años.

Teniendo en cuenta esta información y los aportes de los centenares de asistentes a los 18 talleres desarrollados a lo largo de la Macrocuencia, se presentan los cambios a efectuar en términos de productividad agropecuaria con el fin de disminuir la presión sobre las áreas naturales remanentes en la Macrocuencia.

La elaboración del modelo de dinámica de sistemas permitió obtener posibles escenarios de cobertura vegetal para cada una de las subzonas hidrográficas y para la Macrocuencia en su conjunto, a la vez que facilitó la identificación de escenarios de desarrollo deseado. Para esto, se tuvo en cuenta tres criterios principales: las productividades actuales nacionales, los cambios en productividad según la experiencia internacional y los aportes de las regiones durante los talleres. A continuación se resume la información cuantitativa más relevante para la construcción de esos escenarios.

- Los cultivos permanentes que ocupan una mayor área sembrada son: el café (28,55% del total de cultivos), plátano (14,16%) y palma de aceite (13,65%). La siguiente tabla presenta los rendimientos por hectárea de estos y de otros cultivos importantes (DANE, 2011).

Tabla 3.30. Rendimientos de los principales cultivos en Colombia

| Cultivo | Tipo | Rendimiento (Ton/ha) |
|-----------------|-------------|----------------------|
| Café | Permanente | 1,1 |
| Plátano | Permanente | 10 |
| Palma de aceite | Permanente | 4 |
| Caña | Transitorio | 7,2 |
| Yuca | Transitorio | 14,3 |
| Cacao | Permanente | 0,5 |
| Banano | Permanente | 25,8 |

Fuente: (DANE, 2011)

- La caña de azúcar es el principal cultivo transitorio del país. El promedio del rendimiento nacional según el DANE es de 7,2 Ton/ha (DANE, 2011). De acuerdo con ASOCAÑA³, el rendimiento en la región del Valle del Cauca alcanza 14 Ton/ha (ASOCAÑA, 2012)
- El sector ganadero presenta una producción de carne de 197 kg/animal/año, que es menor al promedio mundial de 204 kg/animal (Vergara, 2010). Y la densidad media de

³ ASOCAÑA: Asociación de Cultivadores de Caña de Azúcar de Colombia

animales por hectárea es cercana a 0,6 Unidades de gran ganado- UGG/ha. Estos valores indican que existe espacio significativo para el aumento de la eficiencia. En el caso de Brasil la capacidad de carga se incrementó de 0,5 a 0,9 UGG/ha (aumento del 80%) (de Faccio Carvalho, s.f).

Con base en lo anterior, los escenarios construidos se presentan a continuación:

Tabla 3.31. Escenarios de desarrollo propuestos

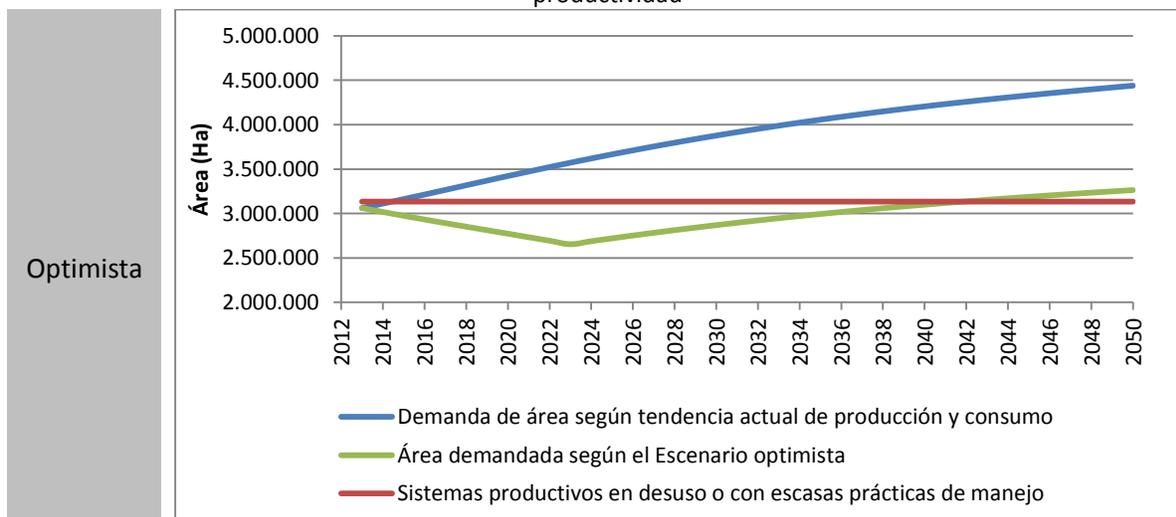
| Escenario | Características Principales |
|-----------|---|
| Optimista | Las productividades mejoran en todos los sectores pasando de las productividades actuales a la mejor productividad observada nacionalmente. El sector ganadero experimenta incrementos en productividad de hasta el 30%, los cultivos transitorios de hasta el 20% y los permanentes de hasta el 30%. Las mejoras se producen gradualmente durante la próxima década. |
| Probable | Las productividades mejoran en todos los sectores con aumentos de que van hasta el 20% en el sector ganadero, el 10% en cultivos transitorios y el 15% en cultivos permanentes. Las mejoras se producen gradualmente durante las próximas dos décadas. |
| Pesimista | Las productividades mejoran en todos los sectores pasando de las productividades actuales a productividades que van hasta el 10% en el sector ganadero, 5% en cultivos transitorios y 10% en cultivos permanentes. Las mejoras se producen gradualmente durante las próximas tres décadas. |

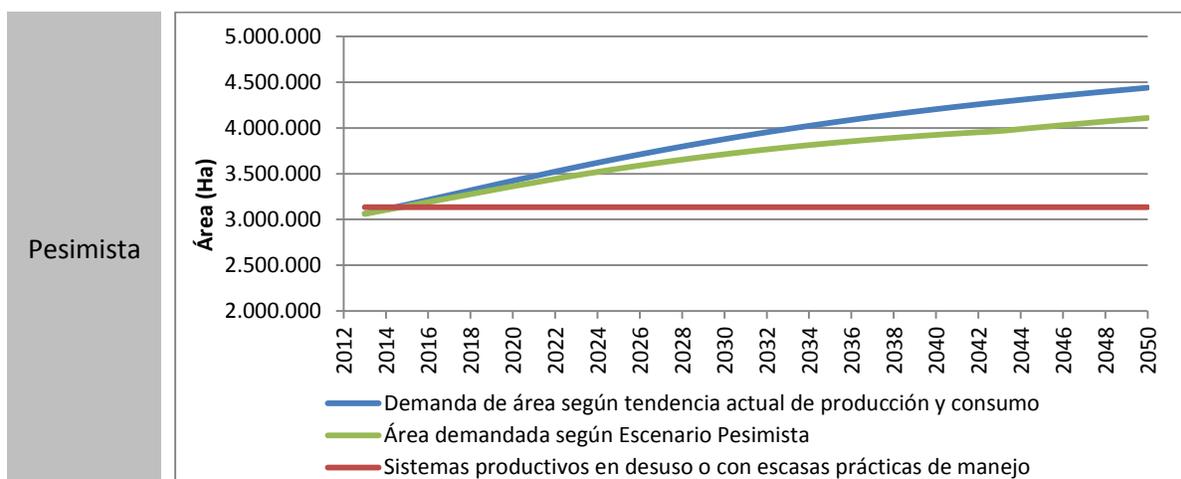
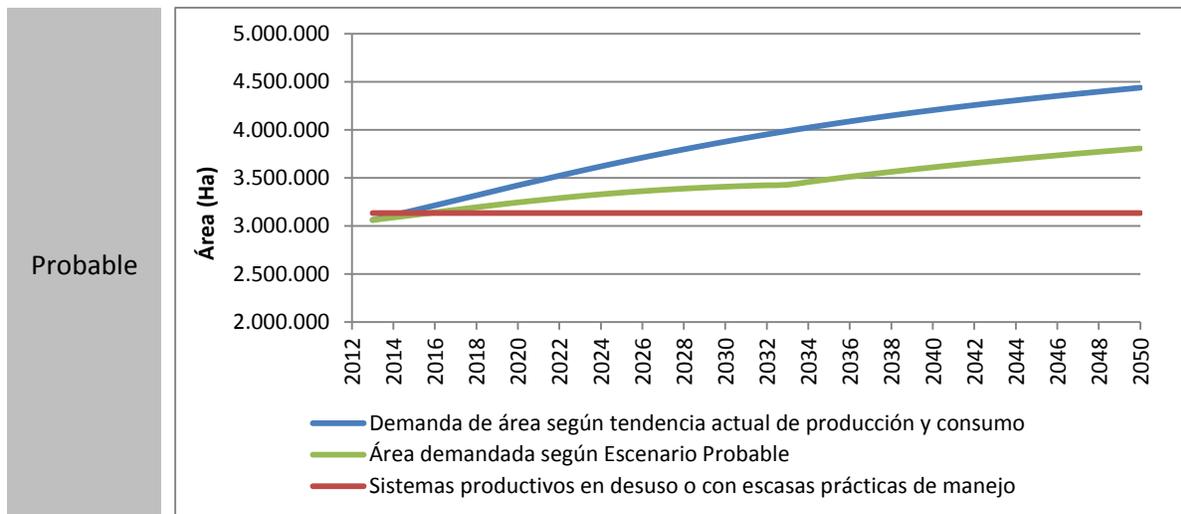
Fuente: UT Macrocuencas

A continuación se presentan los resultados de la modelación del cambio de las áreas agropecuarias bajo los diferentes escenarios de cambio de productividad. Vale la pena resaltar que las metas de productividad en cada escenario se ajustaron con base en la retroalimentación de los talleres de análisis estratégico.

Bajo el escenario optimista se aseguraría que la cobertura natural actual se mantenga. En el escenario probable y pesimista, y asumiendo que no se acude a la importación de alimentos, en los años 2014, 2015 y 2036 sería necesario transformar ecosistemas naturales para suplir la demanda de alimentos.

Ilustración 3.71. Cambio de las áreas agropecuarias bajo los diferentes escenarios de cambio de productividad





Fuente: UT Macrocuencas

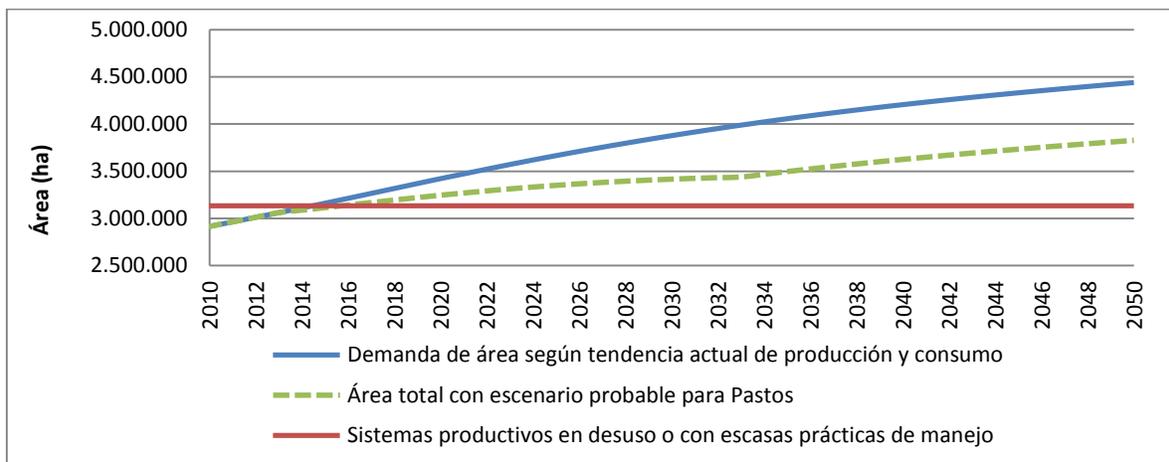
Al comparar los resultados de la modelación de las áreas agropecuarias bajo los tres escenarios se observa que en el escenario optimista las áreas agropecuarias no superan las áreas potenciales de expansión sino hasta el 2040, es decir los pastos enmalezados, lo cual aseguraría que la cobertura natural no se vea amenazada por la expansión de la frontera agrícola. Esto no sucedería en el caso de los otros dos escenarios, ya que en el caso del escenario probable el área agropecuaria supera al área potencial disponible para expansión en el año 2016, y en el caso del escenario optimista se empezaría a amenazar a la cobertura natural desde el año 2014.

Ahora bien, con base en esta modelación de escenarios se pueden estimar la demanda de áreas que serían necesarias para cultivos permanentes, transitorios y pastos. Esto permite determinar las actividades productivas que generarían mayor presión sobre los ecosistemas naturales.

Aumentar la productividad del sector granadero en un 20%, es decir pasar de tasas de ocupación de 0,6 animales por hectárea a 0,72 animales por hectárea tendría un efecto muy importante

sobre la demanda de área agropecuaria en la Macrocuena. Se pasaría de una área total requerida de 4,439 millones de hectáreas a un área de 3,826 millones hectáreas en el año 2050. En otras palabras, se liberarían cerca de 613.215 de hectáreas.

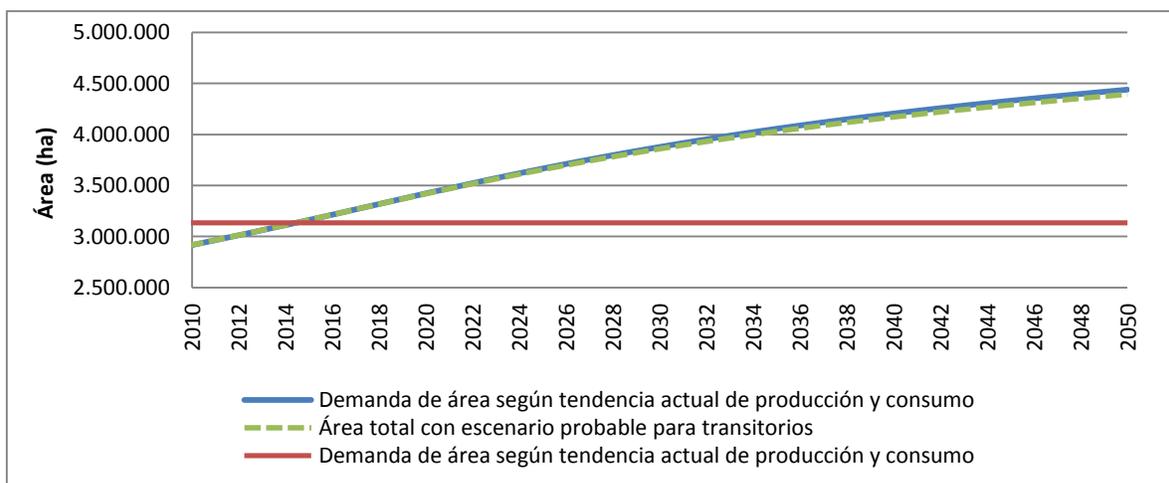
Ilustración 3.72. Escenarios de demanda de área según tendencia de producción y consumo actual con cambio en pastos



Fuente: UT Macrocuencas

Aumentar la productividad del 10% en cultivos transitorios, es decir pasar de tasas de producción promedio de 10,75 ton/ha a 11,8 ton/ha, tendría un efecto muy menor sobre la demanda de área agropecuaria en la Macrocuena. En ese caso, se pasaría de un área total requerida de 4,439 millones de hectáreas a un área de 4,394 millones de hectáreas, en el año 2050.

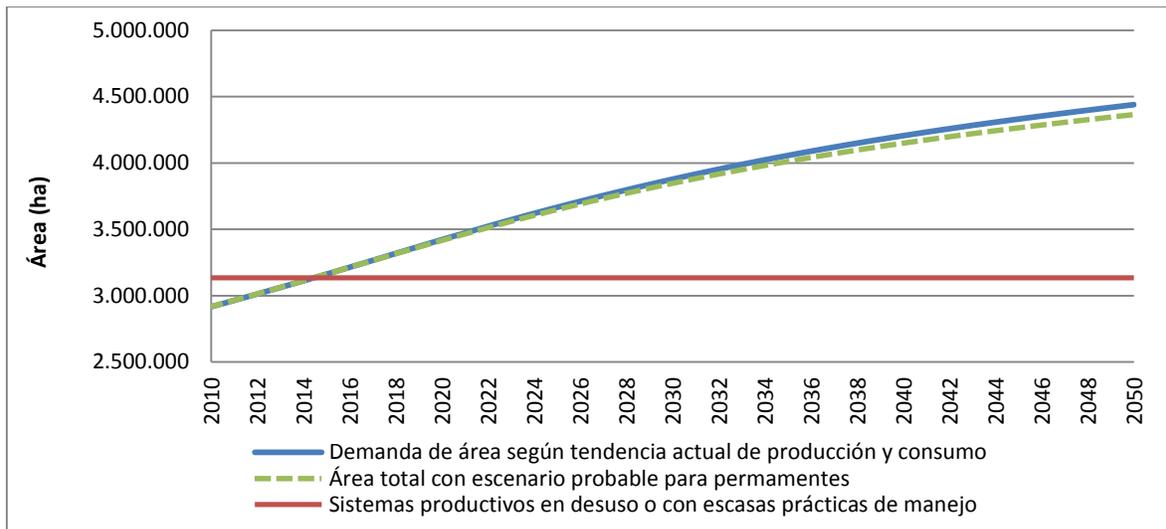
Ilustración 3.73. Escenarios de demanda de área según tendencia de producción y consumo actual crecimiento tendencial con cambio en cultivos transitorios



Fuente: UT Macrocuencas

El aumento de la productividad del 15% en cultivos permanentes, pasando de rendimientos de promedio de 13,15 ton/ha a 15,12 ton/ha, disminuiría el área total requerida de 4,439 millones de hectáreas a 4,365 millones de hectáreas en el año 2050.

Ilustración 3.74. Escenarios de demanda de área según tendencia de producción y consumo actual con cambio en cultivos permanentes



Fuente: UT Macrocuencas

Con base en lo anterior, se observa que un cambio en la productividad de las áreas en ganadería generaría la mayor reducción (16%) en la demanda de área total requerida en el 2050 y el impacto de los aumentos en productividad de los cultivos transitorios y permanentes sería menor. Por consiguiente, se concluye que el área de pastos corresponde al área más susceptible a cambio. En todo caso, debe tenerse presente que mejoras en la productividad y en la eficiencia de cultivos transitorios y permanentes podrían traer consecuencias significativas en cuanto a la eficiencia de la productividad del agua (toneladas de alimentos por metro cúbico de agua de riego).

3.3.3 Calidad Hídrica

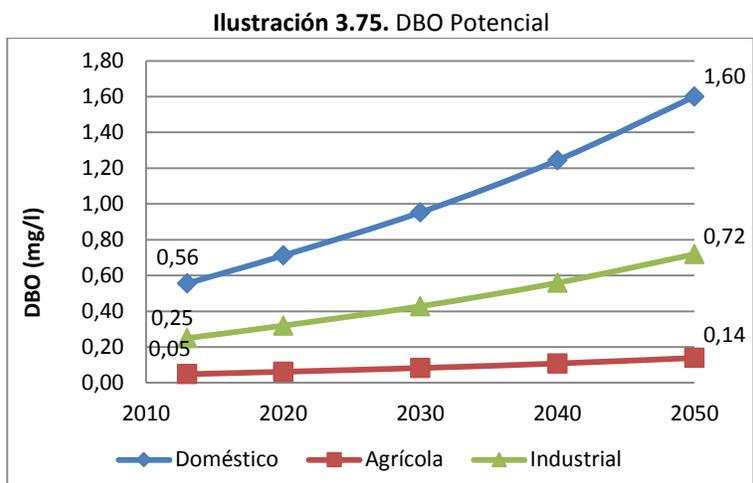
3.3.3.1 Contaminación

3.3.3.1.1 Emisión de sustancias contaminantes

El vertimiento de sustancias contaminantes a los cuerpos de agua puede llegar a disminuir la oferta disponible para las actividades domésticas, agropecuarias e industriales. Se realizó un análisis de la carga contaminante potencial por subzona incluyendo los agentes contaminantes prioritarios. Este análisis de carga contaminante potencial muestra que el desarrollo industrial y el crecimiento de las poblaciones podrían conducir en algunas subzonas a niveles de contaminación hídrica que podrían limitar severamente el uso del agua.

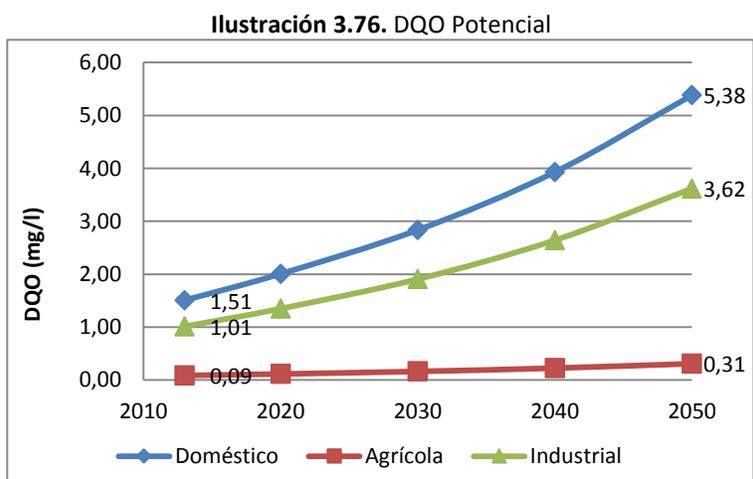
A continuación se presentan las proyecciones de la concentración de los contaminantes de interés que se vierten a los cauces de la Macrocuenca. Las concentraciones presentadas corresponden a los vertimientos potenciales de contaminantes. Esto sin tener en cuenta la posible instalación de sistemas de tratamiento de aguas residuales. La remoción se analizará en la sección de escenarios de desarrollo como "Escenario de Remoción".

En primer lugar se estima que la demanda Biológica de Oxígeno (DBO) va a aumentar de forma significativa especialmente para el Sector Doméstico y el Sector Industrial. En general, la concentración va a crecer hasta triplicarse. Para los años proyectados se observa que el Sector Doméstico es el que más aporta carga contaminante de DBO.



Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de (IDEAM, 2010)

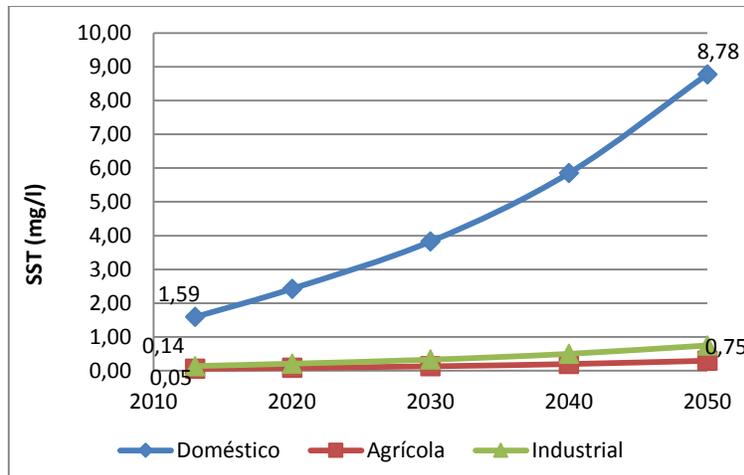
En segundo lugar la demanda Bioquímica de Oxígeno (DQO) va a crecer para el sector doméstico y para el sector industrial (Hasta un 4% anual%). En la Macrocuena se observa que el sector doméstico es el que aporta más DQO. Por otro lado, se observa que la demanda Bioquímica de Oxígeno no va a variar significativamente para el sector agrícola.



Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de (IDEAM, 2010)

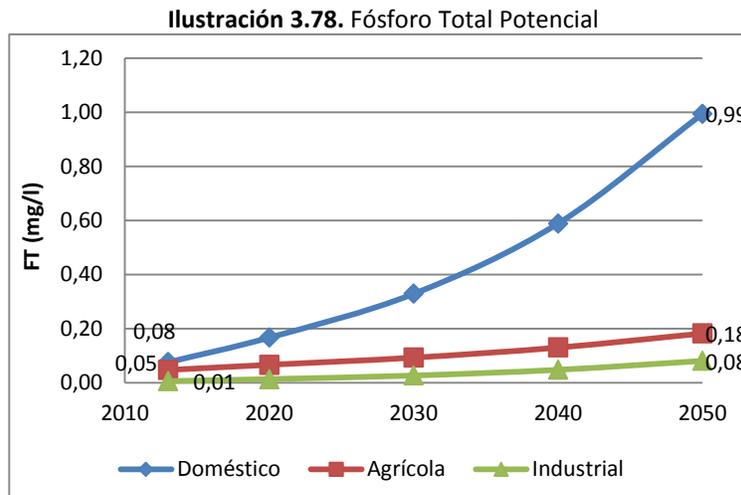
En tercer lugar los Sólidos Suspendidos Totales (SST) provienen en su mayoría del Sector Doméstico, mientras que el aporte del Sector Industrial y Agropecuario es mucho menor. Para este contaminante se proyecta que en el 2050 llegue a quintuplicarse en el Sector Doméstico y en el Sector Industrial.

Ilustración 3.77. SST Potenciales



Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de (IDEAM, 2010)

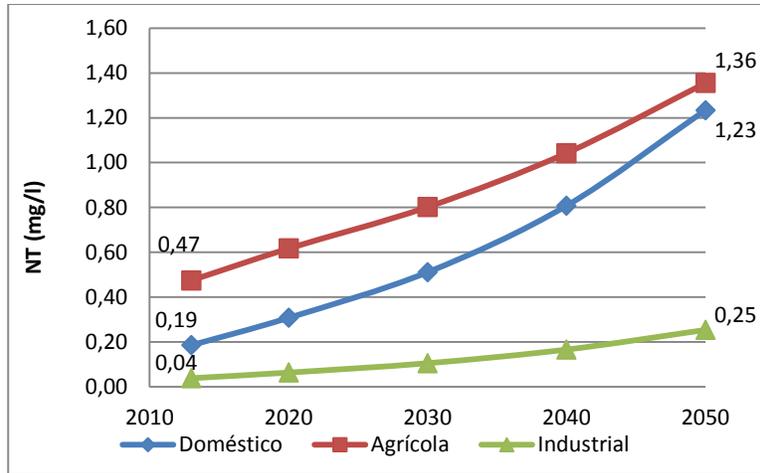
En cuarto lugar la carga de Fósforo Total (FT) es aportada en su mayoría por el Sector Doméstico. Para este contaminante se proyecta un crecimiento acelerado del Sector Doméstico y un crecimiento paulatino en el Sector Agrícola e Industrial. Llama la atención como el Sector Industrial es el que menos aporta de este contaminante.



Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de (IDEAM, 2010)

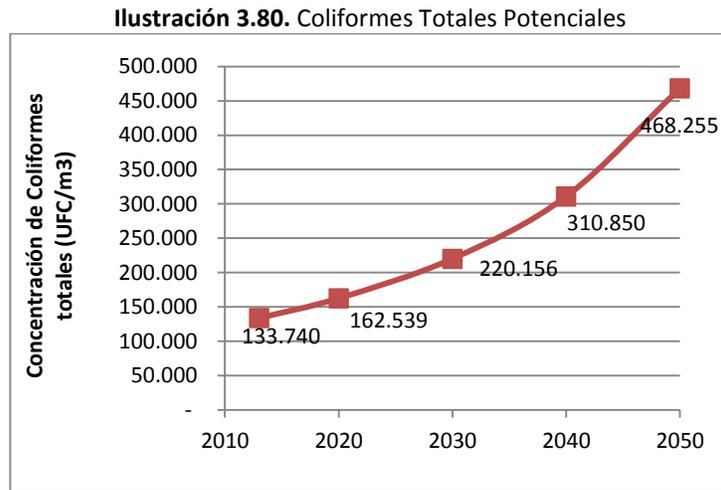
En quinto lugar el aporte de Nitrógeno Total (NT) proviene en su mayoría del sector agrícola. Se estima un crecimiento fuerte en el sector agrícola y doméstico, y un crecimiento bajo para el sector industrial. A pesar de esto, el sector agrícola es y seguirá siendo el sector que más aporta carga de nitrógeno.

Ilustración 3.79. Nitrógeno Total Potencial



Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de (IDEAM, 2010)

Finalmente, la concentración de patógenos en el agua va aumentar exponencialmente, pasando de 133.740 UFC/m³ en 2013 a casi 468.255 UFC/m³ en el 2050



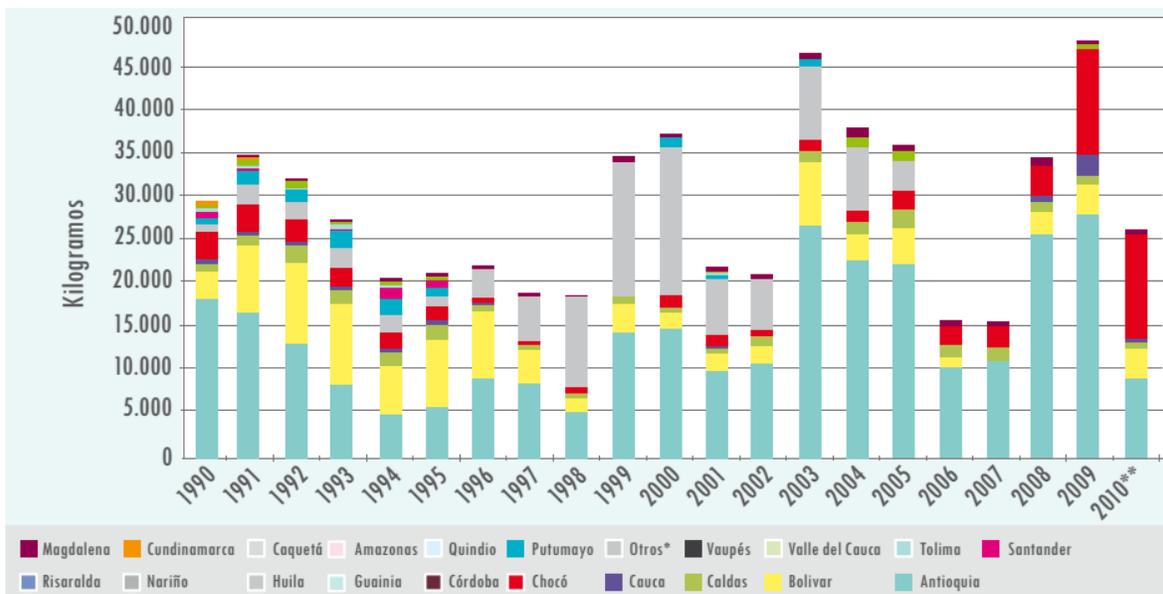
Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de (IDEAM, 2010)

3.3.3.1.2 Explotación de oro

El crecimiento en la producción de oro no ha sido constante. Las principales variables que determinan el volumen de producción son las políticas del gobierno, las tendencias de los precios en el mercado internacional y la disponibilidad de nuevas tecnologías que permiten aumentos en

la recuperación del mineral (UPME, 2010). La producción de oro a nivel nacional se muestra a continuación.

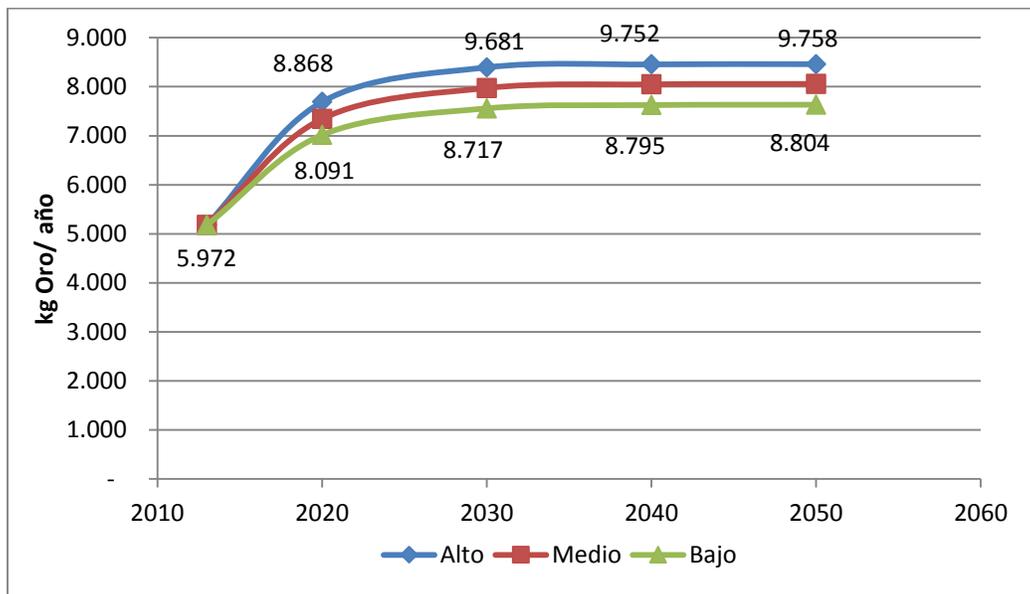
Ilustración 3.81. Producción de oro a nivel nacional



Fuente: (UPME, 2010)

Ahora, la proyección del crecimiento del sector minero, se puede analizar también por medio de posibles escenarios. Para el caso de la minería de oro, se realizó una estimación de los crecimientos probables teniendo en cuenta el crecimiento del PIB minero que fue estimado por (MinMinas, 2008). En este sentido, en la siguiente gráfica se presentan tres escenarios de crecimiento de la producción de oro en la Macrocuenca.

Ilustración 3.82. Proyección de la producción de oro en la Macrocuenca



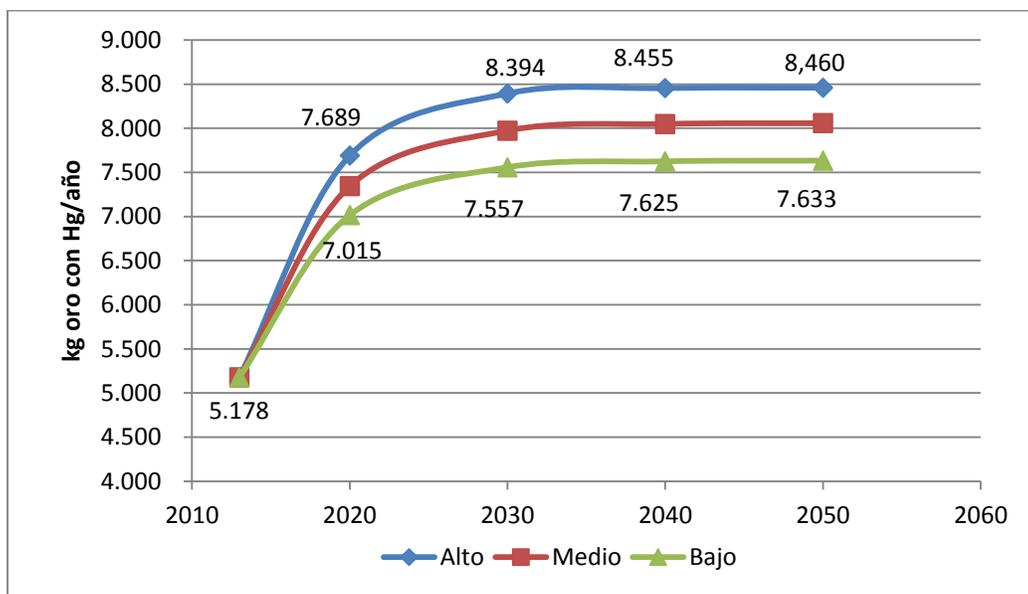
Fuente: UT Macrocuencas con información de (MinMinas, 2008)

Como se observa en la gráfica anterior, la producción de oro en la Macrocuenca podría pasar, bajo los tres escenarios proyectados, de las 6 toneladas en el año 2011 hasta más de 8 toneladas en el año 2050. Este crecimiento podría verse reflejado también en mayores impactos ambientales de la actividad de explotación.

Actualmente, los impactos ambientales más severos no son causados por la minería formal de naturaleza industrial. Son causados por la minería informal/ilegal del oro; y muy principalmente por la minería que se desarrolla sobre los valles aluviales y en los cauces de los ríos, utilizando retroexcavadoras. Adicionalmente, esta forma de minería utiliza mercurio para amalgamar el oro extraído de los cauces. La ineficiencia en el uso del mercurio no solo conduce a una baja recuperación del oro sino, más grave aún, a pérdidas significativas de este metal pesado que terminan siendo arrojadas a las aguas. Por lo anterior, resulta relevante conocer la participación de la minería informal/ilegal del oro dentro del total de la producción.

Según las cifras obtenidas en el Censo Minero Departamental de Colombia, el 86,7% de la minería de oro corresponde a minería informal/ilegal (Ministerio de Minas y Energía, 2011). Teniendo esto presente se llevó a cabo una proyección de la producción de oro en minas ilegales/informales que utilizan mercurio y que, consecuentemente, ocasionan impactos significativos sobre los ecosistemas y la salud de la población. La proyección se presenta en la siguiente gráfica.

Ilustración 3.83. Proyección de la producción de oro con mercurio en la Macrocuenca



Fuente: UT Macrocuencas con información de (MinMinas, 2008)

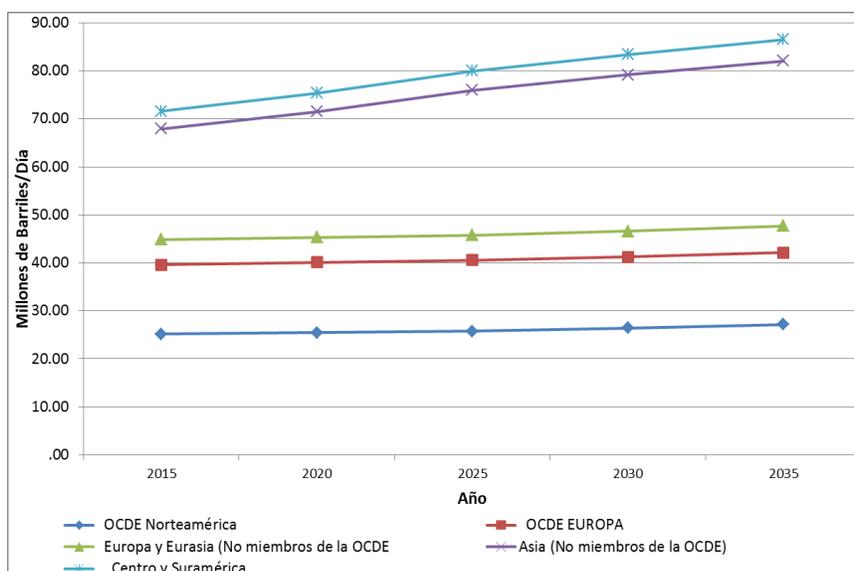
Teniendo en cuenta la información anterior, y asumiendo que se mantiene la tendencia actual de producción, se plantean escenarios que permitan analizar diferentes posibilidades en cuanto a la producción de oro y el uso de mercurio.

3.3.3.1.3 Producción de hidrocarburos

Con el desarrollo industrial y el crecimiento poblacional, se espera que a nivel mundial el consumo de combustibles fósiles aumente en las próximas décadas. En consecuencia, se espera también que la producción de hidrocarburos crezca. Según la Unidad de Planeación Minero Energética, Colombia tiene potencial para la incorporación de cerca de 9.100 millones de barriles de crudo en los próximos 20 años (UPME, MinMinas, 2012).

La siguiente gráfica presenta el crecimiento del consumo mundial de combustibles fósiles proyectados hasta el año 2035. Se estima que el consumo tenderá a estabilizarse con el tiempo sobre todo en los países desarrollados. Sin embargo, se espera que para países más similares a Colombia (Centro y Suramérica y países asiáticos no miembros de la OCDE⁴) el consumo de combustibles fósiles líquidos mantendrá una tendencia de crecimiento.

Ilustración 3.84. Proyección Consumo Mundial de Combustibles Fósiles Líquidos

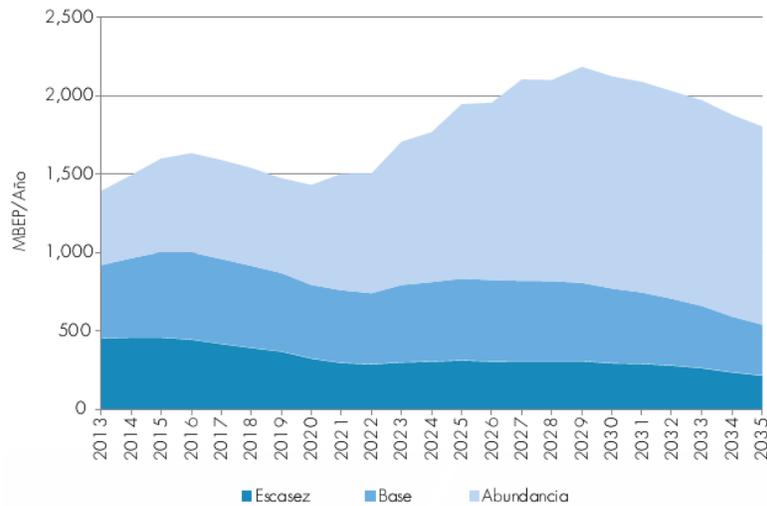


Fuente: (US Energy Information Administration, 2011)

Colombia cuenta con un potencial significativo de explotación de hidrocarburos. Según la Unidad de Planeación Minero Energética, Colombia tiene potencial para la incorporación de cerca de 9.100 millones de barriles de crudo en los próximos 20 años (UPME, MinMinas, 2012). Para 2012 la producción fue de 974 mil barriles día (KPBD). Se espera que la producción continúe creciendo durante los próximos años (UPME, MinMinas, 2012). Para estimar el crecimiento probable de la producción la UPME plantea tres escenarios de producción para los próximos años: escasez, base y abundancia. En la siguiente gráfica se presenta el crecimiento del sector hidrocarburos con base en estos tres escenarios.

⁴ OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos

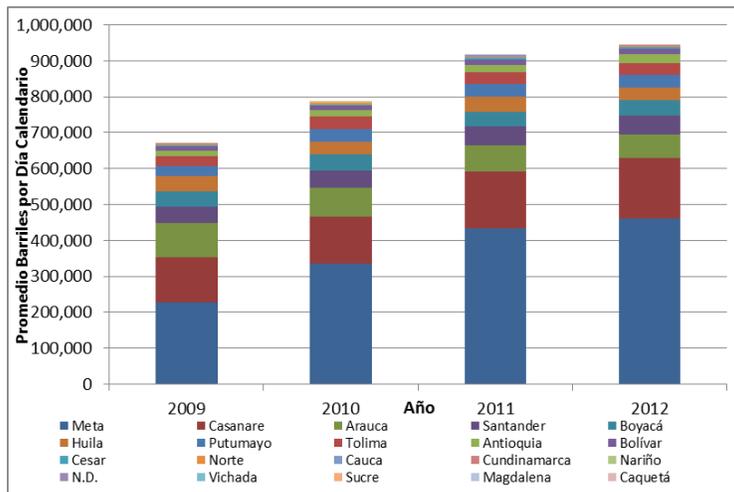
Ilustración 3.85. Escenarios de producción de hidrocarburos en Colombia



Fuente: (UPME, MinMinas , 2012)

Ahora bien, esta producción de crudo en Colombia se concentra principalmente en los Llanos Orientales, el Magdalena Medio y el Valle Superior del Magdalena, la Cordillera Oriental y el Departamento del Putumayo (UPME, MinMinas , 2012). Como se observa en la siguiente gráfica, a nivel departamental la producción se concentra principalmente en Meta, Casanare y Arauca. Para el año 2012 estos tres departamentos produjeron cerca de 700.000 barriles día aproximadamente; esto corresponde al cerca del 7% de la producción nacional.

Ilustración 3.86. Producción de Petróleo en Colombia por Departamentos

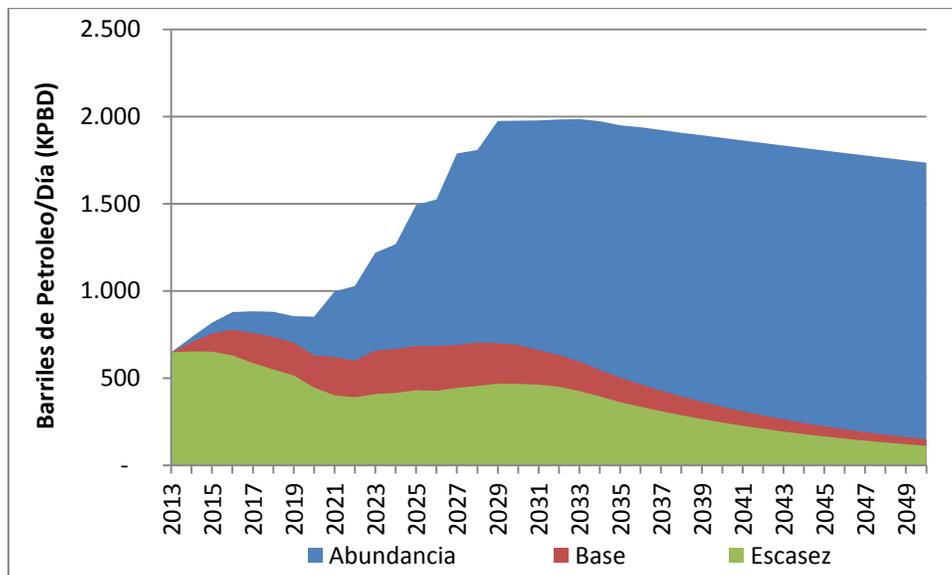


Fuente: (Ministerio de Minas y Energía, 2013)

En la Macrocuena Caribe se produjo en el año 2012 cerca del 0,1% de la producción de crudo a nivel nacional (648 barriles al día (kpbdd)). Para proyectar el crecimiento del sector en la Macrocuena se utilizaron los crecimientos proyectados por escenarios según la UPME hasta el año 2035. La proyección hacia el 2050, se basó en el decrecimiento promedio del 2030 hasta el

2035. En la siguiente gráfica se presenta el comportamiento proyectado de la producción de petróleo en la Macrocuenca.

Ilustración 3.87. Producción Proyectada de Petróleo en la Macrocuenca



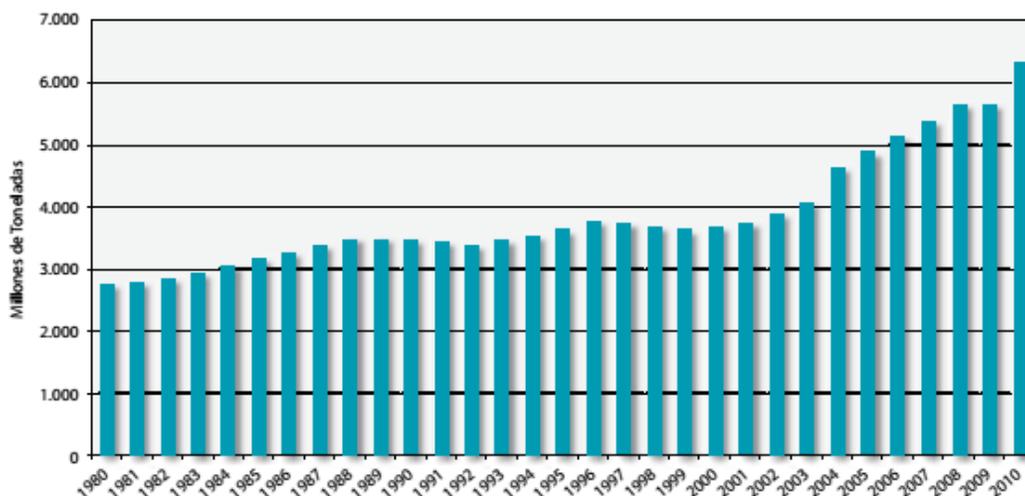
Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de (UPME, 2012)

Como se observa en la gráfica anterior, la producción de la Macrocuenca crecería de manera acelerada para el caso del escenario de abundancia, alcanzando un pico en el año 2029 con una producción de 2.000 barriles de petróleo día. De igual manera, para el escenario base, la producción se mantendría relativamente constante hasta el 2029, manteniendo una producción cercana a la actual por encima de los 300 barriles/día.

3.3.3.1.4 Producción de Carbón

En cuanto al consumo de carbón a nivel mundial, se espera que este crezca como lo ha venido haciendo en los últimos 30 años. En la siguiente gráfica se muestra como ha sido este consumo en el mundo.

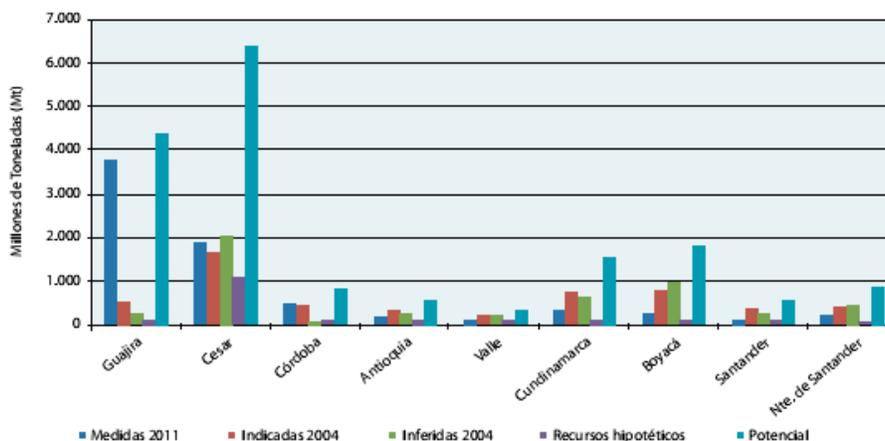
Ilustración 3.88. Consumo de carbón a nivel mundial



Fuente: (MinMinas, UPME, 2012)

A nivel nacional, Colombia cuenta con recursos de carbón suficientes para participar en el mercado mundial por largo tiempo. Las reservas medidas son de 6.508 Mt, distribuidas en las tres cordilleras: Oriental, Central y Occidental. Se ubican principalmente en la costa atlántica, donde se encuentra el 89.80% del total del carbón nacional, que a su vez corresponde al 98% del carbón térmico (MinMinas, UPME, 2012). La distribución de las reservas de Carbón en Colombia por departamento se presenta en la siguiente gráfica.

Ilustración 3.89. Reservas de Carbón en Colombia

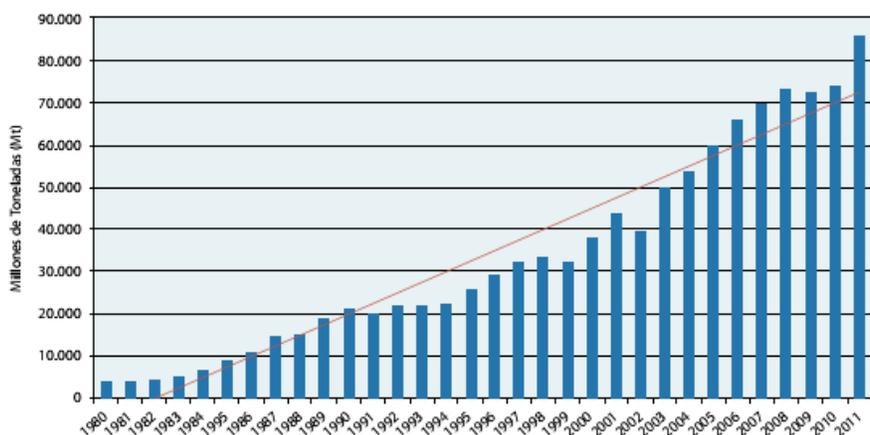


Fuente: INGEOMINAS, *El carbón colombiano - recursos, reservas y calidad*, 2004; actualizó UPME

Fuente: (MinMinas, UPME, 2012)

La producción de carbón a nivel nacional ha presentado un crecimiento constante, especialmente del año 2000 en adelante. Como se observa en la siguiente gráfica la producción de carbón en Colombia para 2011 alcanzó un total de 85,8 millones de Toneladas (Mt).

Ilustración 3.90. Producción Colombiana de Carbón entre 1980 y 2011



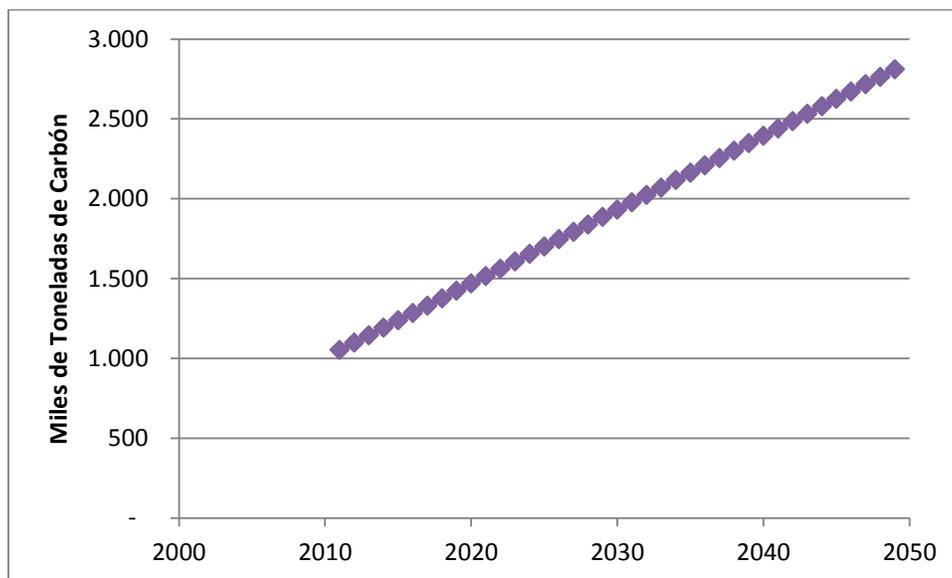
Fuente: UPME – SIMCO; INGEOMINAS 2004 a 2010, Servicio Geológico Colombiano 2011, con base en pago de regalías.

Fuente: (MinMinas, UPME, 2012)

Para el año 2011, la Macrocuena produjo un total de 49.639.527 Toneladas de carbón. Esto que corresponde al 57,9% del carbón nacional para el mismo año (85.803.229 ton) según los datos de UPME-SIMCO.

Teniendo en cuenta el comportamiento de la producción de carbón de los últimos 20 años en Colombia, se puede proyectar un crecimiento probable del sector según el comportamiento tendencial. De ser así, la producción de carbón en la Macrocuena podría pasar de 95 millones de Toneladas a 135 millones de Toneladas en el año 2050, tal como se muestra en la siguiente gráfica.

Ilustración 3.91. Producción proyectada de Carbón en la Macrocuena



Fuente: UT Macrocuencas con información de UPME-SIMCO.

El carbón generalmente es transportado desde la mina en volquetas de 10 t, camiones de 20 y 40 t y en otros casos por barcasas, bandas transportadoras, cables aéreos y vías férreas. Es llevado a los patios de acopio, las plantas de beneficio, consumidores internos y a los puertos de embarque para su posterior exportación (MinMinas, UPME, 2012) .

Consumo

La zona hidrográfica Urabá y Guajira contiene una de las mayores reservas de carbón térmico del país. En esta región predomina la minería a cielo abierto, tecnificada, a gran escala aunque en algunas partes de la zona de Urabá se han realizado explotaciones por métodos subterráneos. (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2011-2012). Al ser un tipo de minería tecnificada y a cielo abierto se caracteriza por abarcar grandes extensiones de superficie. Debido a que el consumo del carbón se encuentra en crecimiento, se prevé que el área de las minas también incrementará.

En este tipo de minería, el agua producto de precipitaciones se infiltra en el fondo de la mina y después se extrae para ser reutilizada en diversos procesos mineros y riego de carreteras.

Las subzonas hidrográficas en donde se encuentran localizadas las minas, poseen un índice IVH alto, por lo que resultan ser subzonas prioritarias por su mayor amenaza frente al desabastecimiento. Este incremento en la retención y utilización del agua por parte de la minería, alterará el régimen hídrico de las subzonas prioritarias. Al depender altamente de las precipitaciones, las subzonas hidrográficas mostrarán un aumento en la probabilidad de desabastecimiento de agua.

En este sentido, es necesario establecer medidas en cuanto al uso del agua por parte del sector minero en estas zonas.

Contaminación del Recurso Hídrico

La zona hidrográfica ubicada al interior del país (Catatumbo) presenta explotaciones por métodos subterráneos y poco tecnificados. En estas zonas puede que exista la tecnología y el conocimiento pero las inversiones son menores que en la minería tecnificada. Adicionalmente, existe la minería a pequeña escala (en su mayoría ilegal) que se desarrolla de manera artesanal, con arranque manual del material y sin tecnología (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2011-2012). La minería informal/ilegal del carbón presenta un panorama diferente a la minería del oro en cuanto a que abastece los mercados locales, con bajas exigencias de calidad. De un número de unidades de producción carbonífera de 2.776 (las cuales representan el 19% del total de unidades mineras del país), 1.107 son ilegales **Fuente especificada no válida..**

Las bajas inversiones en la conservación y preservación del medio ambiente, y el trabajo de manera artesanal por este tipo de minería generan un impacto severo en el recurso hídrico. El carbón extraído de forma manual es acumulado en las afueras de la mina sin utilizar ningún sistema de almacenamiento. En este caso, las pilas de carbón al entrar en contacto con las aguas lluvias se presenta una producción de lixiviados que están caracterizados por un aspecto turbio,

casi negro que contienen diferentes cantidades de partículas de carbón y arcillas, además de sales disueltas y sustancias inorgánicas que son resistentes a la degradación natural, que después terminan en el recurso hídrico **Fuente especificada no válida..** Adicionalmente, en el proceso de explotación de las minas subterráneas se generan aguas de mina (aguas excedente superficiales o subterráneas) que causan grandes problemas ambientales por su alto potencial de contaminación al ser descargadas en los ríos.

Los impactos generados por la minería informal/ilegal del carbón incluyen la acidificación, cambio de alcalinidad, dureza y conductividad del recurso hídrico **Fuente especificada no válida..** Problemas que recalcan la necesidad de dar cumplimiento a las exigencias normativas y asumir un adecuado control sobre las medidas de tratamiento o mitigación del efecto de los lixiviados y aguas de mina.

3.3.3.2 Posibilidades de acción

Para mejorar la calidad del recurso hídrico se presentan las siguientes posibilidades de acción:

- Establecer mecanismos para disminuir las cargas contaminantes del sector doméstico. Esto significa mejorar y optimizar los sistemas de tratamiento existentes, e implementar sistemas de tratamiento nuevos.
- Establecer medidas enfocadas a disminuir las cargas contaminantes vertidas por el sector industrial. Esto implica que las industrias cumplan con la legislación actual de vertimientos a través de la mejora o implementación de sistemas de tratamiento.
- Establecer medidas enfocadas a disminuir las cargas contaminantes vertidas por el sector agrícola. Esto se logra a través de estrategias sectoriales como la promoción de acciones para la dosificación de insumos y la creación de infraestructura para uso óptimo de agua, de tal forma que se minimice el transporte y circulación de contaminantes.

En cuanto a las mejoras de los sistemas de tratamiento doméstico se establece que esto debería incluir acciones para aumentar la cobertura de alcantarillado, establecer nuevos sistemas de tratamiento, y optimizar los sistemas de tratamiento que están en desuso. Estas tres medidas permitirían disminuir las cargas contaminantes del sector doméstico en porcentajes significativos.

La legislación actual, decreto 1594 de 1984, establece que para el sector doméstico la remoción de Sólidos Suspendidos Totales debe ser del 50% y la DQO debe removerse en un 30%. Esta remoción se logra a partir de diferentes procesos de tratamiento, más cada proceso tiene un costo asociado y tiene una eficiencia de remoción particular. La Tabla 3.32 presenta un resumen de los rendimientos típicos que se logran con diferentes etapas y procesos de tratamiento.

Tabla 3.32. Eficiencias de remoción por tipo de tratamiento

| Unidades de tratamiento | Eficiencia en la remoción de constituyentes, porcentaje | | | | | | |
|--------------------------------|---|-------|-------|-------|-------|--------------------|-----------|
| | DBO | DQO | SS | P | N Org | NH ₃ -N | Patógenos |
| Rejillas | desp. | desp. | desp. | Desp. | desp. | desp. | Desp. |
| Desarenadores | 0-5 | 0-5 | 0-10 | Desp. | desp. | desp. | Desp. |
| Sedimentación primaria | 30-40 | 30-40 | 50-65 | 10-20 | 10-20 | 0 | desp. |
| Lodos activados (convencional) | 80-95 | 80-95 | 80-90 | 10-25 | 15-20 | 8-15 | desp. |
| Filtros percoladores | | | | | | | desp. |
| Alta tasa, roca | 65-80 | 60-80 | 60-85 | 8-12 | 15-50 | 8-15 | |
| Super tasa, plástico | 65-85 | 65-85 | 65-85 | 8-12 | 15-50 | 8-15 | |
| Cloración | desp. | desp. | desp. | Desp. | desp. | desp. | 100 |
| Reactores UASB | 65-80 | 60-80 | 60-70 | 30-40 | --- | --- | desp. |
| Reactores RAP | 65-80 | 60-80 | 60-70 | 30-40 | --- | --- | desp. |
| Filtros anaerobios | 65-80 | 60-80 | 60-70 | 30-40 | --- | --- | desp. |
| Lagunas de oxidación | | | | | | | |
| Lagunas anaerobias | 50-70 | --- | 20-60 | --- | --- | --- | 90-99.99 |
| Lagunas aireadas | 80-95 | --- | 85-95 | --- | --- | --- | 90-99.99 |
| Lagunas facultativas | 80-90 | --- | 63-75 | 30 | --- | --- | 90-99.99 |
| Lagunas de maduración | 60-80 | --- | 85-95 | --- | --- | --- | 90-99.99 |
| Ultravioleta | desp. | desp. | desp. | Desp. | desp. | desp. | 100 |

Fuente: RAS 2000 Título E

Con respecto al tratamiento de agua del sector industrial la legislación actual exige que las industrias eliminen cierta carga antes de verterla a cuerpos de agua o al alcantarillado. El decreto 1594 de 1984 establece que para el sector industrial la remoción de Sólidos Suspendidos Totales debe ser del 50% y la DQO debe removerse en un 30%.

Para el sector agrícola disminuir las cargas contaminantes es posible a través de medidas sencillas como evitar el desperdicio de insumos o construir obras de infraestructura para manejar mejor el agua. Un ejemplo de cómo se logra esto es la iniciativa de la Agencia Ambiental del Reino Unido. El programa "Catchment Sensitive Farming" inició en 2005 y consiste en asesorar a agricultores para que mejoren sus prácticas productivas y subsidios para las inversiones en infraestructura que sean necesarias. Para el año 2011, las medidas de calidad de agua habían demostrado una reducción de las cargas de contaminantes cercanas al 30%, debido a la implementación del proyecto (Environment Agency, 2011).

Entre las medidas que ellos enuncian como las más beneficiosas para disminuir las cargas contaminantes están (Environment Agency, 2011):

- Aplicar la cantidad de fertilizante adecuado para cada tipo de suelo y cultivo (Por ejemplo no aplicar fertilizantes con alto contenido de fósforo a suelos ricos en fósforo)
- Construcción de franjas de protección alrededor de los ríos para que no lleguen contaminantes directamente.
- No aplicar fertilizantes en zonas de alto riesgo.
- Establecer las tasas efectivas de aplicación de pesticidas (En muchos casos por desconocimiento se usa mucho más de lo necesario).
- Establecer y mantener humedales artificiales.
- Limitar y diferenciar el área agrícola de la pecuaria.
- Evitar que el ganado tenga acceso a ríos.

3.3.3.3 Escenarios de desarrollo

Dicho análisis se desarrolla a continuación:

3.3.3.3.1 Emisión de sustancias contaminantes

Se modeló el crecimiento de las descargas contaminantes teniendo en cuenta parámetros de descarga por hogar y por unidad de producto industrial. A continuación se presentan cambios posibles en la concentración de contaminantes (carga/caudal). Los escenarios presentados incluyen un escenario tendencial donde el porcentaje de remoción actual se mantiene, y escenarios en los cuales el porcentaje de remoción de la carga contaminante aumenta hasta el 50%. Los escenarios y sus resultados por contaminante se presentan a continuación.

Tabla 3.33. Escenarios de concentración de sustancias contaminantes

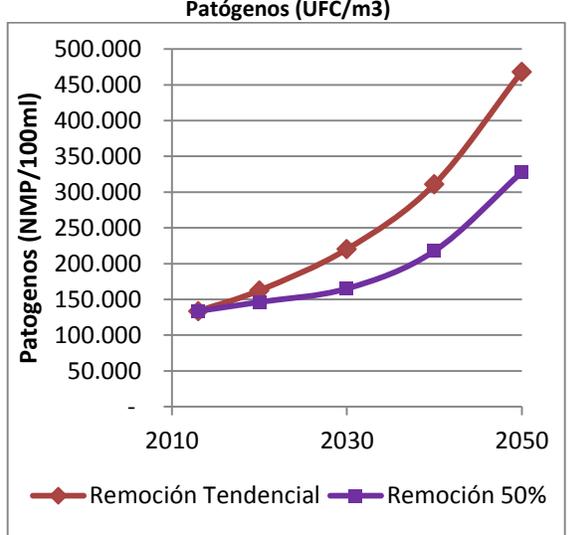
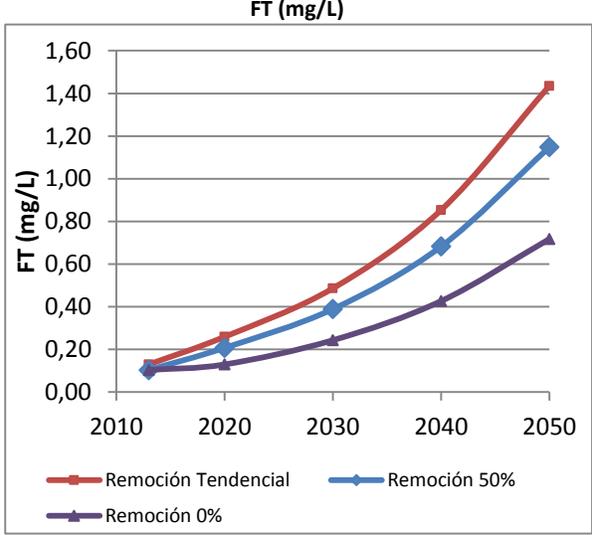
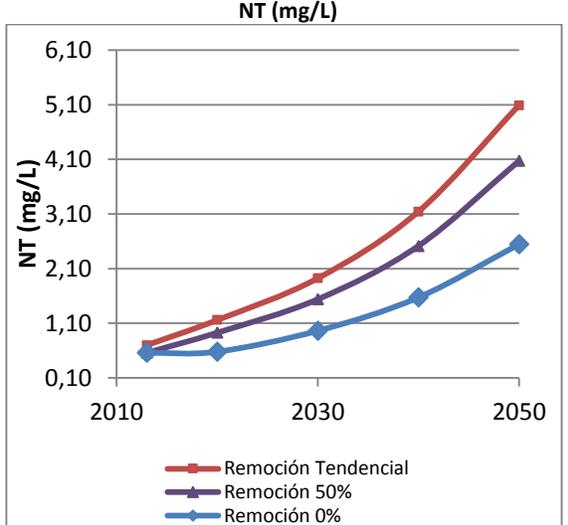
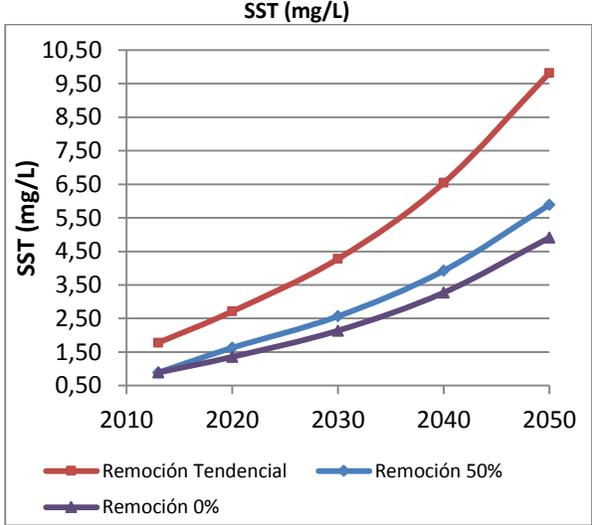
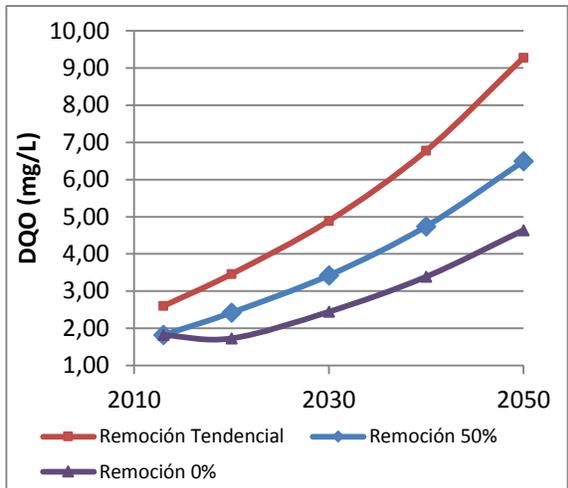
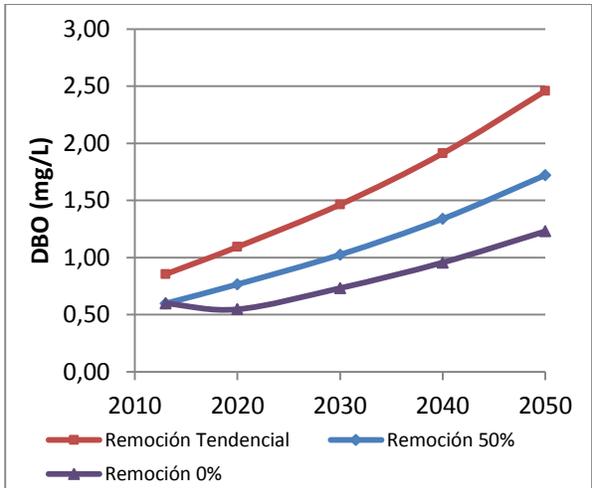
| Escenario | Características Principales | |
|---------------------|--|--|
| Remoción tendencial | Las descargas contaminantes crecen y el porcentaje de remoción de las descargas de los sectores doméstico e industrial se mantiene. | Las remociones para cada contaminante en este escenario son: <ul style="list-style-type: none"> • DBO30% • DQO30% • SST40% • NT.....20% • FT20% |
| Remoción 50% | El porcentaje de remoción de cada parámetro de carga contaminante sube de los niveles de remoción actuales hasta un 50% de remoción total. <ul style="list-style-type: none"> • DBO Pasa de 30% a 50% de Remoción • DQO Pasa de 30% a 50% de Remoción • SST Pasa de 40% a 50% de Remoción • NT Pasa de 20% a 50% de Remoción • FT Pasa de 20% a 50% de Remoción | |
| Remoción 0% | El porcentaje de remoción de carga contaminante es 0%. | |

Fuente: UT Macrocuencas

Ilustración 3.92. Escenarios de concentración de Contaminantes

DBO (mg/L)

DQO (mg/L)



Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de DANE, IDEAM

Como puede apreciarse en el panel de graficas anteriores, las diferencias entre los escenarios tendenciales y los escenarios en los cuales se hacen remociones del 50% de las cargas

contaminantes no son grandes. Esto indica la necesidad de plantear metas ambiciosas de control de las descargas contaminantes a fin de evitar que la continuación se exacerbe los problemas de futuros de escasez.

3.3.3.3.2 Explotación de oro: escenarios de contaminación potencial por mercurio

En la actualidad el Mercurio está asociado fundamentalmente a la producción ilícita o informal del oro. Este metal pesado, al entrar en contacto con los sistemas acuáticos, se transforma en metilmercurio que es un compuesto altamente tóxico que se bio-acumula a lo largo de la cadena trófica en los organismos acuáticos y que eventualmente alcanza los tejidos de los peces y las personas que los ingieren (Olivero & Johnson, 2002).

En Colombia varios estudios han documentado niveles peligrosos de metilmercurio en peces, especialmente en las zonas de la ciénaga Grande de Achí, en la región de la Mojana, la ciénaga Grande de Garrapata en el sur de Bolívar, Palotal en el Canal del Dique, en el río San Jorge y en el río Condoto (Olivero & Johnson, 2002) (Mancera & Álvarez, 2006) (Marrugo, Benitez, & Olivero, 2008) (Ramos, Estévez, & Giraldo, 2000) (Olivero J. , Johnson, Mendoza, Paz, & Olivero, 2004) (Sanchez & Cañor, 2010). Esta situación resulta particularmente preocupante si se tiene en cuenta que para comunidades ribereñas de estos cauces el pescado es la principal fuente de proteína.

En Julio de 2013, el Congreso de la República aprobó la ley 1658, por medio de la cual se busca “reglamentar en todo el territorio nacional el uso, importación, producción, comercialización, manejo, transporte, almacenamiento, disposición final y liberación al ambiente del mercurio en las actividades industriales, cualquiera que ellas sean”. Esta ley se estableció que en un plazo máximo de 5 años se debe erradicar el uso del mercurio en todo el territorio nacional en la minería.

Si esta ley se aplicara rigurosamente, en el año 2020 la cantidad de mercurio vertida al agua debería ser cero. Sin embargo, vale la pena simular lo que ocurriría si el cumplimiento de la legislación se diera en un período de tiempo diferente al ordenado por la Ley. En este sentido, se proponen los siguientes escenarios.

Tabla 3.34. Escenarios de producción de mercurio⁵

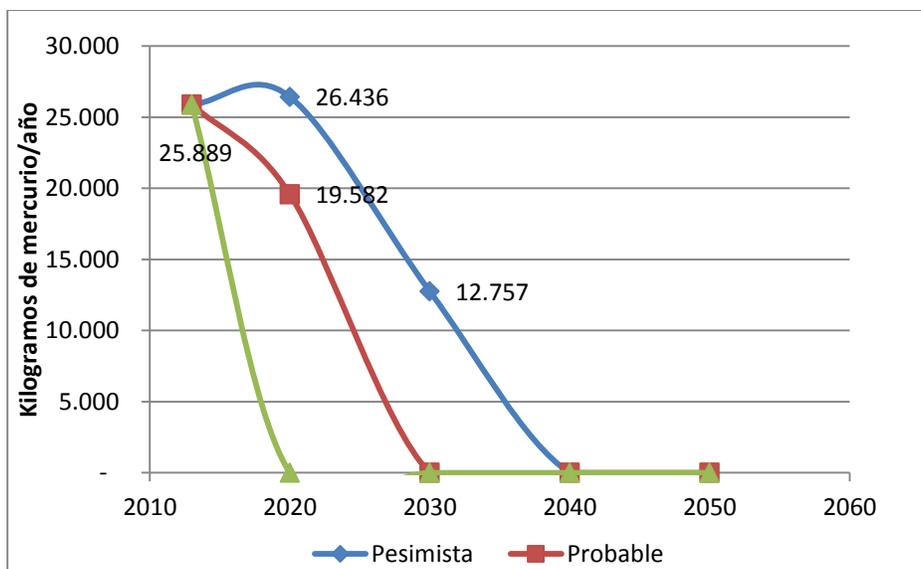
| Escenario | Características Principales |
|-----------|--|
| Optimista | Se cumple con el objetivo de la Ley 1658, de tal manera que la cantidad de mercurio vertida al agua sea cero en el año 2020. Las mejoras se producen gradualmente durante los próximos 5 años. |
| Probable | La meta de eliminar el mercurio en minería se alcanza gradualmente en 15 años. |
| Pesimista | La meta de eliminar el mercurio en minería se alcanza gradualmente en 25 años. |

Fuente: UT Macrocuencas

A continuación se presentan los resultados de las estimaciones realizadas, teniendo en cuenta un crecimiento medio de la producción de oro.

Ilustración 3.93. Producción de mercurio bajo diferentes escenarios

⁵ Los escenarios se estiman con base en un crecimiento medio de la producción de oro.



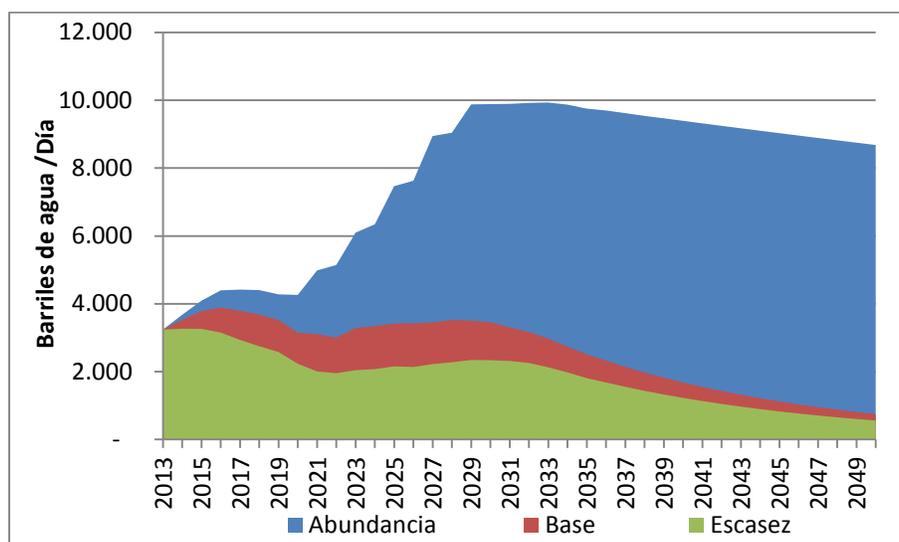
Fuente: UT Macrocuencas con información de (MinMinas, 2008)

Cabe destacar que para el escenario pesimista, en el año 2020 en la Macrocuenca se pueden llegar a descargar alrededor de 26 kilogramos de mercurio.

3.3.3.3 Producción de hidrocarburos: escenarios de contaminación potencial por producción de petróleo

Durante el proceso de la extracción de crudo se generan aguas de producción que, con frecuencia, contienen sustancias de interés y que deben ser tratadas para evitar problemas de contaminación. El número de barriles generado depende del tipo de extracción de petróleo y del sitio donde se encuentra. En general, en las explotaciones de Ecopetrol se generan entre 4 y 5 barriles de agua por cada barril de crudo producido (Ecopetrol S.A., 2013) (Ecopetrol, 2011). Sin embargo, este valor puede ser mayor para otras explotaciones. Este es el caso de campo Rubiales ubicado en Puerto Gaitán, Meta, donde esta relación puede ascender hasta 9:1 (RWL Water Group, 2013). Teniendo una relación 1:5 se puede proyectar el volumen agua potencialmente contaminada para cada uno de los escenarios de crecimiento, estos resultados se presentan en la siguiente gráfica.

Ilustración 3.94. Contaminación Potencial de agua en la Macrocuenca



Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de (UPME, 2012)

Con base en la gráfica anterior, para el escenario de abundancia, para el año 2020 se podrían llegar a producir más de 4.000 barriles diarios de aguas de producción; y a partir del año 2030 ese valor podría estar cerca de los 10.000 diarios. Así mismo, cabe resaltar que para el escenario base, la amenaza por contaminación de agua podría ser alta. Esto por cuanto el caudal de aguas de producción se mantendría por encima de los 2.000 barriles diarios. Esta producción sería equivalente a un caudal de cerca de 41 Litros por segundo. Aunque se trata de un caudal relativamente bajo, el impacto del vertimiento no-tratado de estas aguas de producción dependería fundamentalmente del caudal del cuerpo receptor y de sus usos.

El agua resultante de esta operación tiene tres posibles destinos: *i.* Se inyecta de nuevo al subsuelo en procesos de recobro mejorado de petróleo para obtener una mayor producción de crudo o mantener la presión en un yacimiento; *ii.* Se inyecta en un lecho para su almacenamiento, o *iii.* Se trata y se vierte tratado sobre fuentes hídricas (Ecopetrol, 2011).

En este sentido, cabe resaltar la implementación y desarrollo de iniciativas, que tienen como objetivo fomentar e incrementar el uso de las primeras alternativas de disposición descritas anteriormente (*i.* Reinyección al subsuelo; *ii.* Inyección en un lecho), con el fin de reducir el volumen de agua vertida en fuentes hídricas (alternativa *iii*). Como ejemplo de estas iniciativas, se tiene la propuesta de Ecopetrol, iniciada en el año 2012, la cual consiste en un programa de responsabilidad social y ambiental conocido como “vertimientos cero”. Este programa tiene como objetivo disponer mediante procesos de inyección el total del volumen de aguas de producción y así lograr cero vertimientos en las fuentes hídricas. Este objetivo se busca alcanzar mediante la adaptación de nuevas tecnologías, la construcción y ampliación de plantas de inyección de agua. Actualmente se han implementado sistemas de tratamiento que tienen la capacidad de tratar hasta 20 mil barriles de agua al día (Ecopetrol, 2011).

Otras empresas petroleras también están implementando sistemas de tratamientos de las aguas de producción. Este es el caso de Pacific Rubiales que trata cerca de 500 mil barriles por día y posteriormente inyecta esas aguas tratadas (desalinizadas) a pozos profundos (RWL Water Group, 2013).

Con base en los barriles de agua producidos en la Macrocuenca, la concentración típica de hidrocarburos totales (HTP) en las aguas de producción, la cual se encuentra en un rango entre 75 y 91 mg/L y la eficiencia de remoción asociada a tratamientos biológicos (entre el 77 y 79,5%) (Díaz, Rincón, López, Chacín, & Debellefontaine, 2005), se puede calcular la cantidad de hidrocarburos efectivamente contenidos en esas aguas de producción. Así mismo, cabe destacar que según lo establecido en la Resolución 2115 de 2007, el valor máximo aceptable para no tener efectos adversos en la salud humana es de 0,01 mg/L. La diferencia entre la magnitud de la concentración típica y lo establecido en la normatividad, evidencia el potencial de contaminación y amenaza que la producción de hidrocarburos representa si no se tienen las medidas y sistemas de tratamiento adecuados.

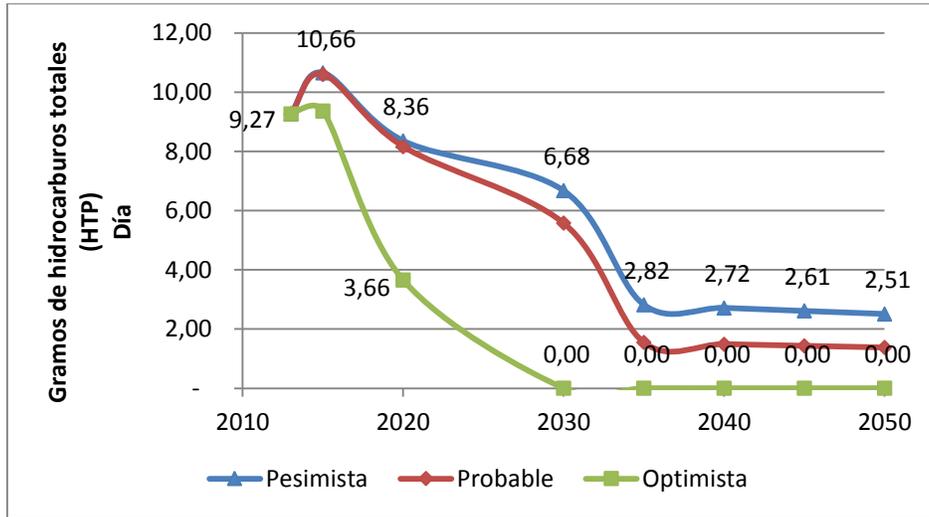
En este orden de ideas, se calcula la cantidad de hidrocarburos totales teniendo en cuenta los siguientes escenarios:

Tabla 3.35. Escenarios de concentración de hidrocarburos en agua de producción.

| Escenario | Características Principales |
|-----------|--|
| Optimista | Inversión en tecnología e infraestructura para la implementación de sistemas de tratamiento de las aguas de producción, con el fin de cumplir con la concentración propuesto en la normatividad para el sector de hidrocarburos: 0,01 mg/L. Las mejoras se producen gradualmente durante los próximos 10 años. |
| Probable | Inversión en tecnología e infraestructura para la implementación de sistemas de tratamiento de las aguas de producción hasta tener una concentración de 9,1 mg/L (Remoción del 95%). Las mejoras se producen gradualmente durante los próximos 20 años. |
| Pesimista | Inversión en tecnología e infraestructura para la implementación de sistemas de tratamiento de las aguas de producción hasta tener una concentración de 9,1 mg/L (Remoción del 90%). Las mejoras se producen gradualmente durante los próximos 20 años. |

Fuente: UT Macrocuencas

Ilustración 3.95. Escenarios de contaminación potencial de agua por explotación de hidrocarburos



Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de (UPME, 2012)

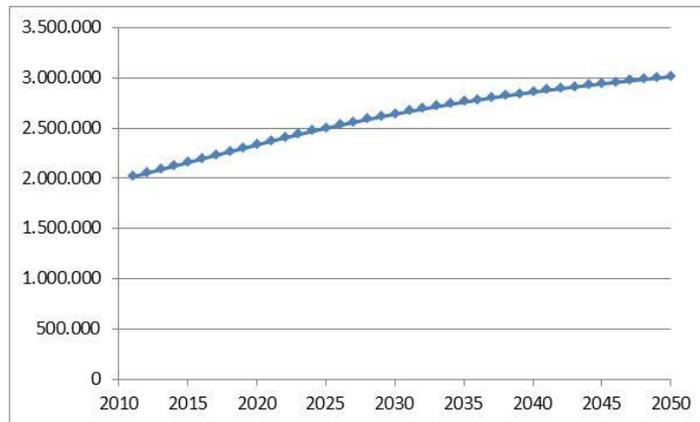
3.3.4 Riesgo Asociado al recurso hídrico

3.3.4.1 Desastres asociados al agua

Para el análisis del riesgo asociado al agua se debe tener en cuenta las personas y hogares que han sido afectadas históricamente, y potencialmente podrían ser afectadas por los desastres asociados al agua, como lo son los deslizamientos, las avalanchas, las inundaciones, los cuales también causan pérdidas de cultivos y de ganado.

Dentro de la Macrocuena se concentran cerca de 2 millones de hogares, los cuales se proyecta van a alcanzar un crecimiento del 49% entre el año 2030 y 2050, tal como se observa en la Ilustración 3.96. Esta gran concentración de población llama la atención sobre la necesidad de desarrollar y mejorar infraestructura para la atención y el control de los riesgos asociados al agua.

Ilustración 3.96. Hogares de la Macrocuena

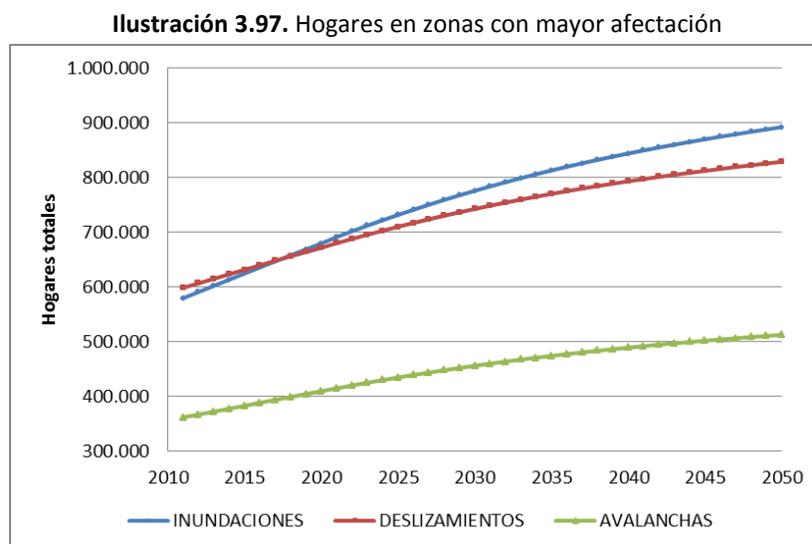


Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de (DANE)

El análisis del riesgo por desastres asociados al agua se realizó a partir de información de la información de la última emergencia por agua en el 2011, que se presenta en el Registro Único de Damnificados por la Emergencia Invernal 2010 - 2011 (DANE, 2011). Para esto se tuvieron en cuenta el número de hogares afectados por la emergencia invernal para cada una de las zonas y subzonas hidrográficas.

Una cantidad significativa de hogares de la Macrocuenca se vio afectada por eventos de inundaciones, avalanchas y deslizamientos durante los eventos de 2011. Esto llama la atención sobre todos los hogares que se encuentran en zonas amenazadas por desastres asociados al agua, la cual va a seguir presente a menos que se realice una adecuación de la infraestructura o una reubicación de las personas. Para el 2011, los hogares afectados por inundaciones, deslizamientos y avalanchas representan respectivamente cerca del 29%,30% y el 18% de los hogares totales de la Macrocuenca.

Con los datos de los eventos del año 2011, se puede realizar una estimación de cómo sería la dinámica de crecimiento de aquellos hogares que se encuentren en las zonas más afectadas por estos eventos. En la Ilustración 3.97 se presenta el crecimiento de los hogares que se presentan en las zonas en las cuales se concentra el 63% de los hogares afectados por inundación, el 76% de los hogares afectados por deslizamiento y el 56% de los hogares afectados por avalancha.



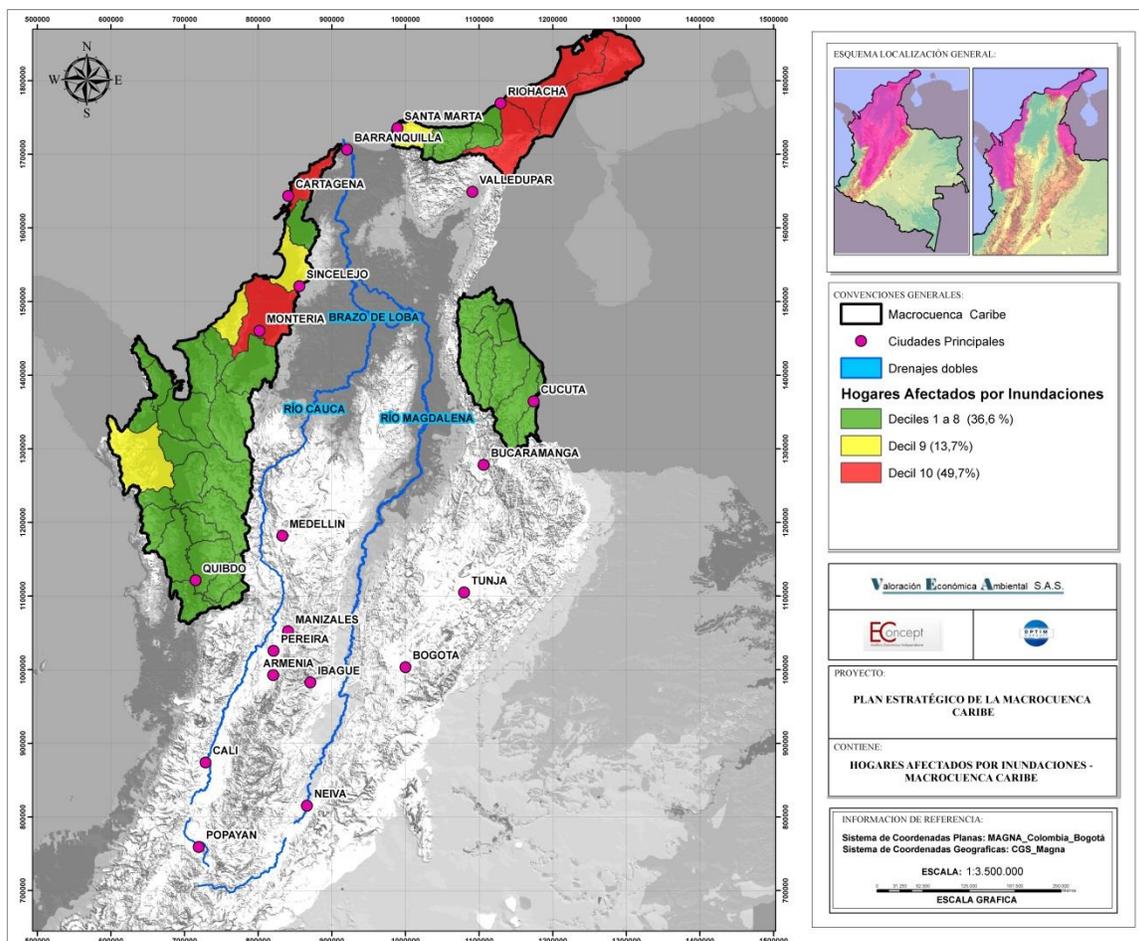
Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de (DANE, 2011)

De la **Ilustración 3.97** se puede observar como los hogares que se encuentran en zonas con gran afectación por eventos alcanzan a ser por lo menos 1.5 millones de hogares en el 2011 y pueden llegar a ser hasta un millón de hogares más para el año 2050.

A nivel de subzonas se observa que las áreas afectadas fueron diferentes para cada tipo de evento, en el caso de las subzonas afectadas por inundación se observa que los hogares más afectados se

concentran en su mayoría en la zona norte de la Macrocuena, tal como se muestra en la Ilustración 3.98.

Ilustración 3.98. Subzonas afectadas por inundación



Fuente: Cálculos UT Macrocuenas con información de (DANE, 2011)

En la Tabla 3.36 se muestran las 9 subzonas en las cuales se concentra el 64% de los hogares afectados por las inundaciones de la Macrocuena, estas subzonas corresponden al decil 10 y al decil 9.

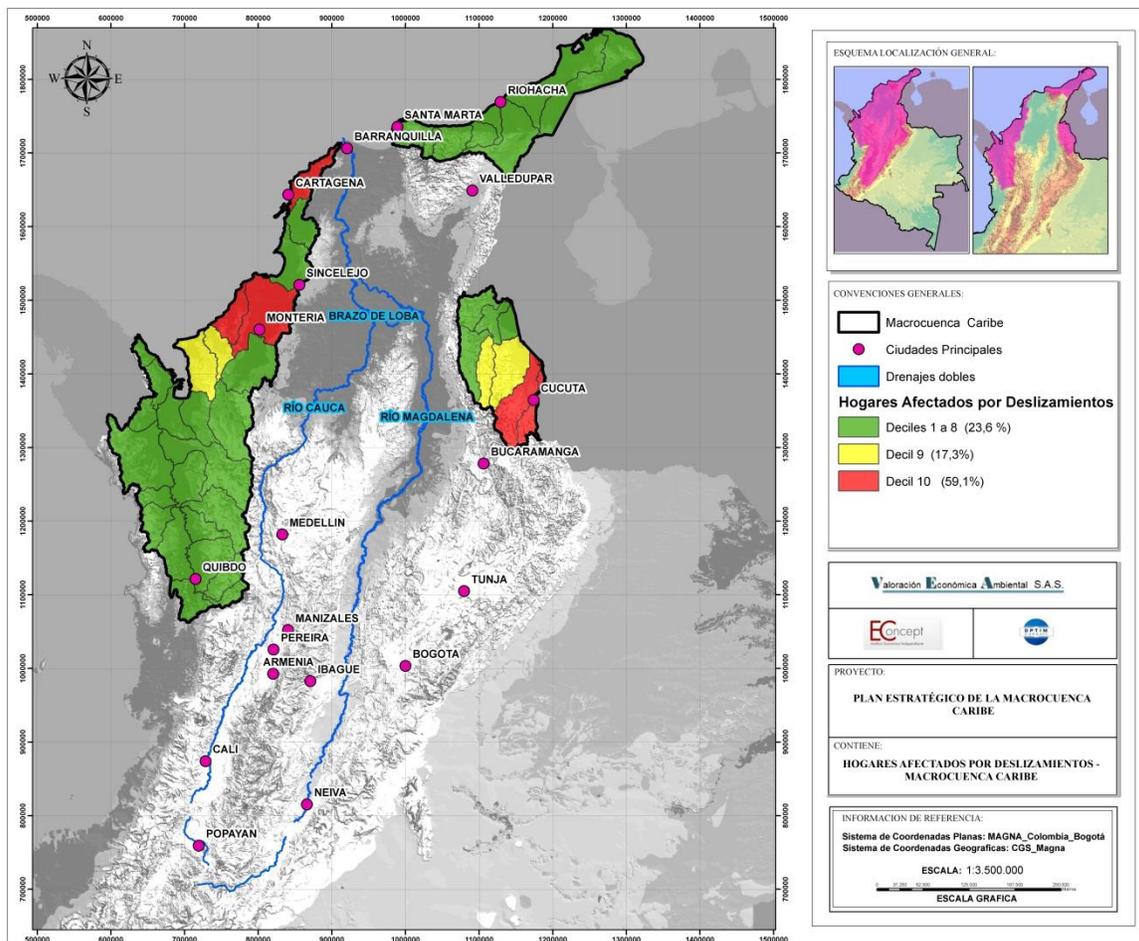
Tabla 3.36. Subzonas con mayor afectación por inundaciones

| Cód SZH | Subzona hidrográfica | % |
|---------|--|-----|
| 1303 | Bajo Sinú | 22% |
| 1507 | Directos Caribe - Ay.Sharimahana Alta Guajira | 9% |
| 1508 | Río Carraipía - Paraguachón, Directos al Golfo Maracaibo | 8% |
| 1401 | Arroyos Directos al Caribe | 6% |
| 1506 | Río Ranchería | 5% |
| 1309 | Directos Caribe Golfo de Morrosquillo | 4% |
| 1204 | Río Canaleta y otros Arroyos Directos al Caribe | 4% |
| 1501 | Río Guachaca -Río Piedras - Río Manzanares | 3% |
| 1112 | Río Salaquí y otros directos Bajo Atrato | 3% |

Fuente: Cálculos UT Macrocuenas con información de (DANE, 2011)

Para el caso de los deslizamientos no hay una concentración geográfica del fenómeno, ya que este depende sobre todo de las características geomorfológicas, las cuales son particulares para cada área de estudio. Las subzonas afectadas por deslizamientos de presentan en la

Ilustración 3.99. Subzonas afectadas por deslizamientos



Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de (DANE, 2011)

Las 9 subzonas que concentran 76% de los hogares afectados por deslizamientos las cuales representan el decil 10 y el 9 en el mapa se presentan en la **Tabla 3.37**.

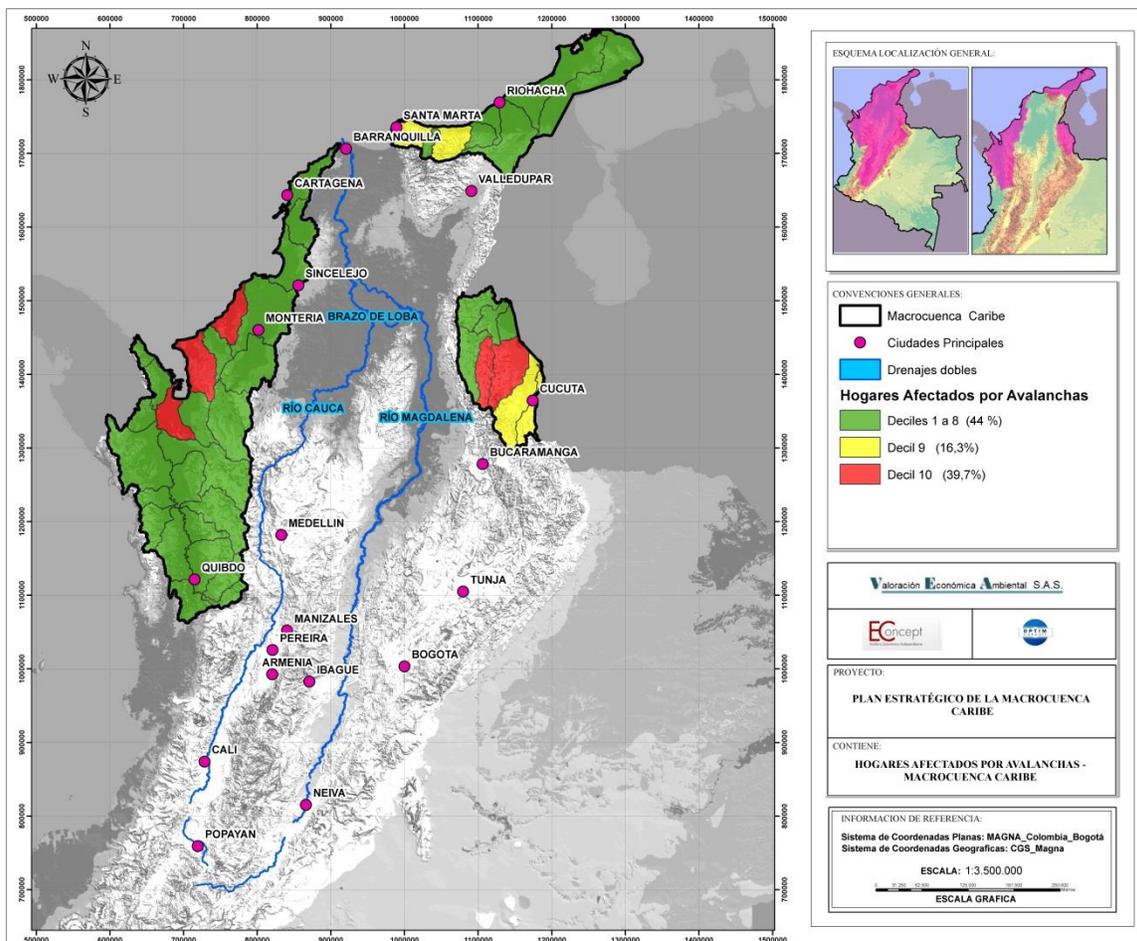
Tabla 3.37. Subzonas con mayor afectación por deslizamientos

| Cód SZH | Subzona hidrográfica | % |
|---------|---|-----|
| 1602 | Río Zulia | 18% |
| 1204 | Río Canalete y otros Arroyos Directos al Caribe | 17% |
| 1601 | Río Pamplonita | 10% |
| 1401 | Arroyos Directos al Caribe | 9% |
| 1303 | Bajo Sinú | 6% |
| 1604 | Río Tarra | 5% |
| 1202 | Río Mulatos | 5% |
| 1603 | Río Nuevo Presidente - Tres Bocas (Sardinata, Tibú) | 4% |
| 1203 | Río San Juan | 4% |

Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de (DANE, 2011)

Los hogares afectados por avalanchas se presentan en la Ilustración 3.100.

Ilustración 3.100. Subzonas afectadas por avalanchas



Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de (DANE, 2011)

Las 9 subzonas que concentran el 56% de los hogares afectados por avalanchas se muestran a continuación

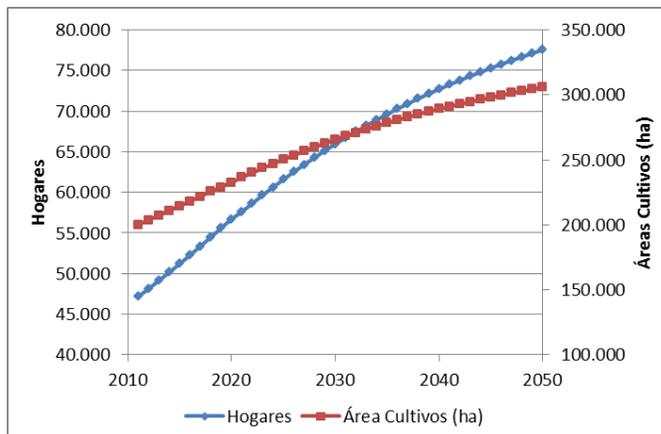
Tabla 3.38. Subzonas con mayor afectación por avalanchas

| Cód SZH | Subzona hidrográfica | % |
|---------|---|-----|
| 1202 | Río Mulatos | 13% |
| 1114 | Directos Bajo Atrato | 11% |
| 1204 | Río Canalete y otros Arroyos Directos al Caribe | 6% |
| 1604 | Río Tarra | 5% |
| 1603 | Río Nuevo Presidente - Tres Bocas (Sardinata, Tibú) | 5% |
| 1503 | Río Ancho y Otros Directos al Caribe | 4% |
| 1601 | Río Pamplonita | 4% |
| 1602 | Río Zulia | 4% |
| 1501 | Río Guachaca -Río Piedras - Río Manzanares | 4% |

Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de (DANE, 2011)

Para el análisis de los hogares que sufrieron pérdidas en cultivos y ganado, se presentan los hogares rurales y el crecimiento esperado de las áreas en cultivos y pastos para las zonas que sufrieron el mayor porcentaje de afectación.

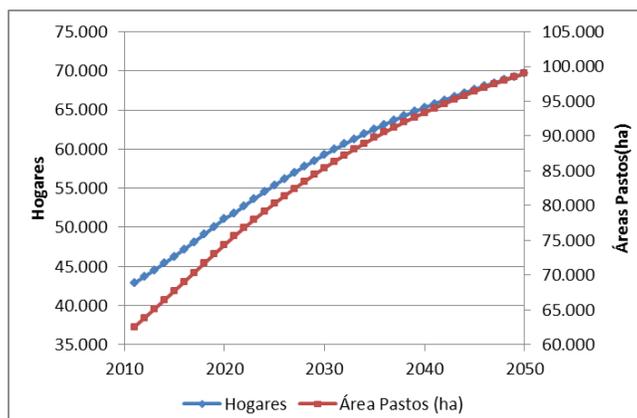
Ilustración 3.101. Cultivos en zonas de amenaza



Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de (DANE, 2011) e IDEAM-IGAC “Corine Land Cover 2007-09)

De la Ilustración 3.101 resalta que las zonas en donde se concentra el 55% de los cultivos perdidos, hay cerca de 60.000 ha. Adicional a esto en ellas se concentran cerca 42.000 hogares, los cuales alcanzan a ser el 36% de los hogares rurales de la Macrocuencia.

Ilustración 3.102. Pastos en zonas de amenaza

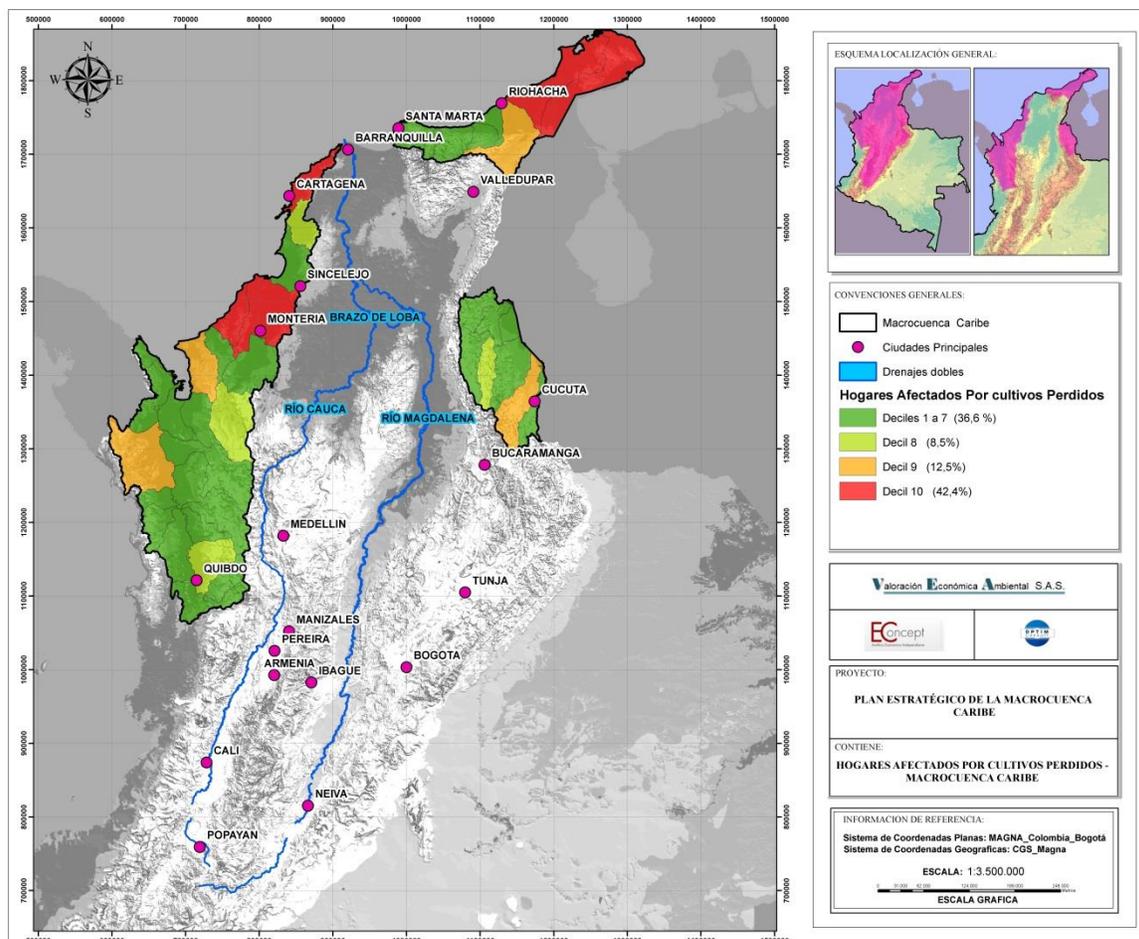


Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de (DANE, 2011) e IDEAM-IGAC “Corine Land Cover 2007-09)

En cuanto a los pastos en zonas de amenaza, los cuales resultan de gran importancia para la actividad agropecuaria, la Ilustración 3.102 muestra como en las zonas que abarcan el 74% de las pérdidas de ganado, agrupan a cerca de 40.000 hogares, lo que representa el 32% de los hogares rurales de la Macrocuencia. De igual manera, las áreas de pastos en amenaza representan el 35% del área total en pastos de la Macrocuencia.

En la Ilustración 3.103 se muestran las subzonas que se vieron más afectadas por pérdidas en cultivos

Ilustración 3.103. Subzonas con hogares con pérdidas en cultivos por los diferentes eventos



Fuente: Cálculos UT Macrocuenas con información de (DANE, 2011)

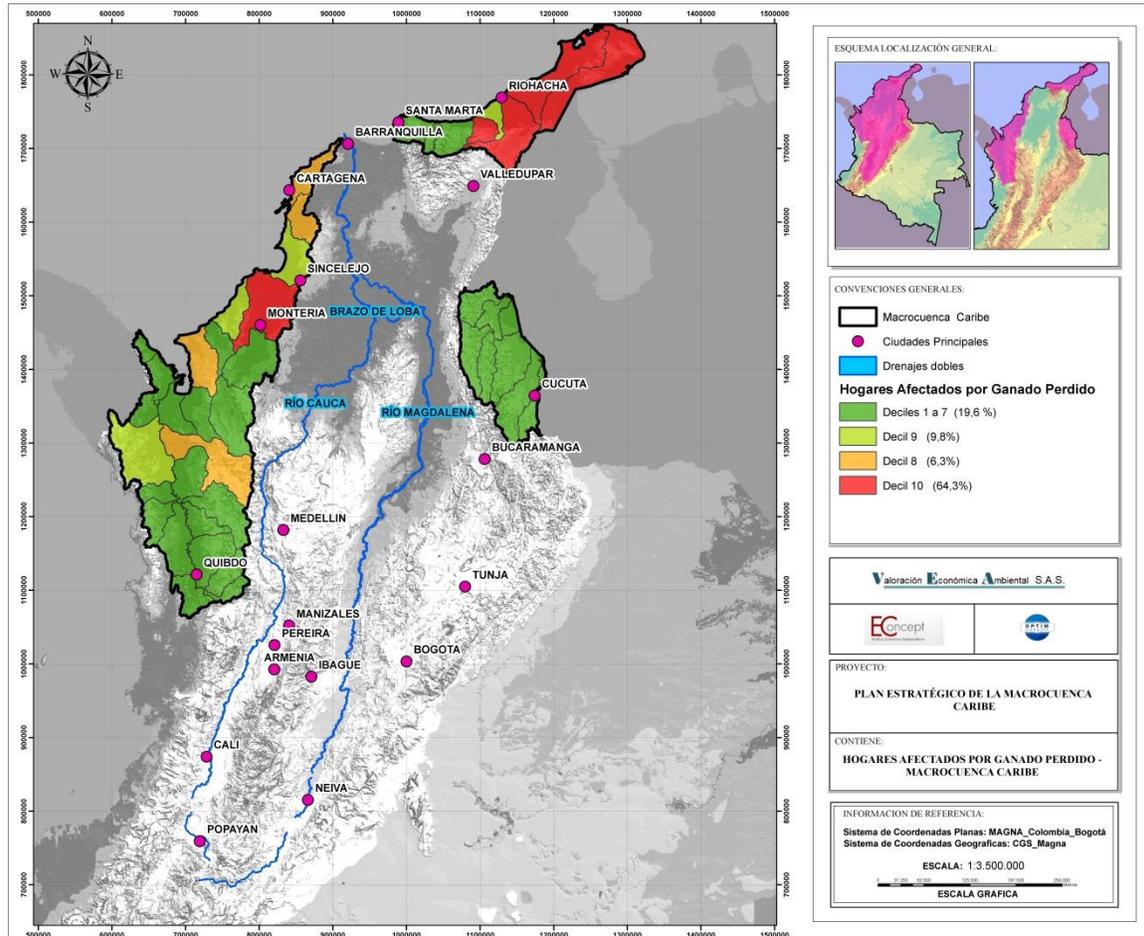
Las 9 subzonas que concentran el 54% de los hogares con pérdidas en cultivos se listan en la Tabla 3.39.

Tabla 3.39. Subzonas con hogares con pérdidas de cultivos por los diferentes eventos

| Cód SZH | Subzona hidrográfica | % |
|---------|--|-----|
| 1303 | Bajo Sinú | 21% |
| 1204 | Río Canalete y otros Arroyos Directos al Caribe | 8% |
| 1507 | Directos Caribe - Ay.Sharimahana Alta Guajira | 5% |
| 1508 | Río Carraipía - Paraguachón, Directos al Golfo Maracaibo | 4% |
| 1401 | Arroyos Directos al Caribe | 4% |
| 1202 | Río Mulatos | 4% |
| 1506 | Río Ranchería | 4% |
| 1112 | Río Salaquí y otros directos Bajo Atrato | 3% |
| 1602 | Río Zulia | 2% |

Fuente: Cálculos UT Macrocuenas con información de (DANE, 2011)

Ilustración 3.104. Subzonas con hogares con pérdidas de ganado por los diferentes eventos



Fuente: Cálculos UT Macrocuenca con información de (DANE, 2011)

Las 9 subzonas que concentran el 74% de los hogares con pérdidas de ganado se listan en la Tabla 3.40.

Tabla 3.40. Subzonas con mayores pérdidas de ganado

| Cód SZH | Subzona hidrográfica | % |
|---------|--|-----|
| 1303 | Bajo Sinú | 21% |
| 1507 | Directos Caribe - Ay.Sharimahana Alta Guajira | 19% |
| 1508 | Río Carraipía - Paraguachón, Directos al Golfo Maracaibo | 15% |
| 1506 | Río Ranchería | 7% |
| 1504 | Río Tapias | 3% |
| 1505 | Río Camarones y otros directos Caribe | 3% |
| 1204 | Río Canaleta y otros Arroyos Directos al Caribe | 3% |
| 1112 | Río Salaquí y otros directos Bajo Atrato | 2% |
| 1309 | Directos Caribe Golfo de Morrosquillo | 2% |

Fuente: Cálculos UT Macrocuenca con información de (DANE, 2011)

En la Tabla 3.41 se presenta el número de hogares afectados en la Ola Invernal (2010-2011) por los eventos de inundación, deslizamiento, avalanchas y los hogares con cultivos y ganado perdido. Adicionalmente, se presentan las proyecciones de hogares afectados para el año 2020, 2030, 2040 y 2050 si ocurrieran las mismas condiciones de la Ola Invernal.

Tabla 3.41. Proyección de Hogares potencialmente afectados por evento.

| Evento | Inundaciones | Deslizamientos | Avalanchas | Cultivos perdidos | Ganado Perdido |
|---|--------------|----------------|------------|-------------------|----------------|
| Ola Invernal | 148.961 | 26.538 | 6.885 | 108.795 | 58.682 |
| %Hogares afectados / Hogares Totales | 7,4% | 1,3% | 0,3% | 5,4% | 2,9% |
| 2020 | 172.407 | 30.715 | 7.969 | 125.919 | 67.918 |
| 2030 | 195.057 | 34.750 | 9.016 | 142.461 | 76.840 |
| 2040 | 211.179 | 37.623 | 9.761 | 154.236 | 83.191 |
| 2050 | 222.570 | 39.652 | 10.288 | 162.556 | 87.679 |

Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de (DANE, 2011)

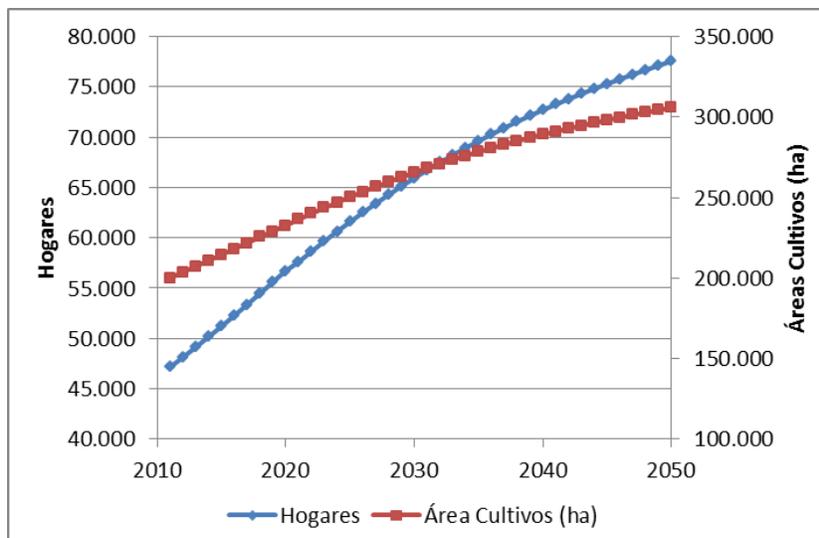
3.3.4.2 La exposición potencial de la población y de la actividad agropecuaria a desastres asociados al agua

El análisis del riesgo por desastres asociados al agua se realizó a partir de información de la información de la última emergencia por agua en el 2011, que se presenta en el Registro Único de Damnificados por la Emergencia Invernal 2010 - 2011 (DANE, 2011). Para esto se tuvieron en cuenta el número de hogares afectados por la emergencia invernal para cada una de las zonas y subzonas hidrográficas.

Una cantidad significativa de hogares de la Macrocuenca se vio afectada por eventos de inundaciones, avalanchas y deslizamientos durante los eventos de 2011. Esto llama la atención sobre todos los hogares que se encuentran en zonas amenazadas por desastres asociados al agua, la cual va a seguir presente a menos que se realice una adecuación de la infraestructura o una reubicación de las personas.

Para el análisis de los hogares que sufrieron pérdidas en cultivos y ganado, se presentan los hogares rurales y el crecimiento esperado de las áreas en cultivos y pastos para las zonas que sufrieron el mayor porcentaje de afectación.

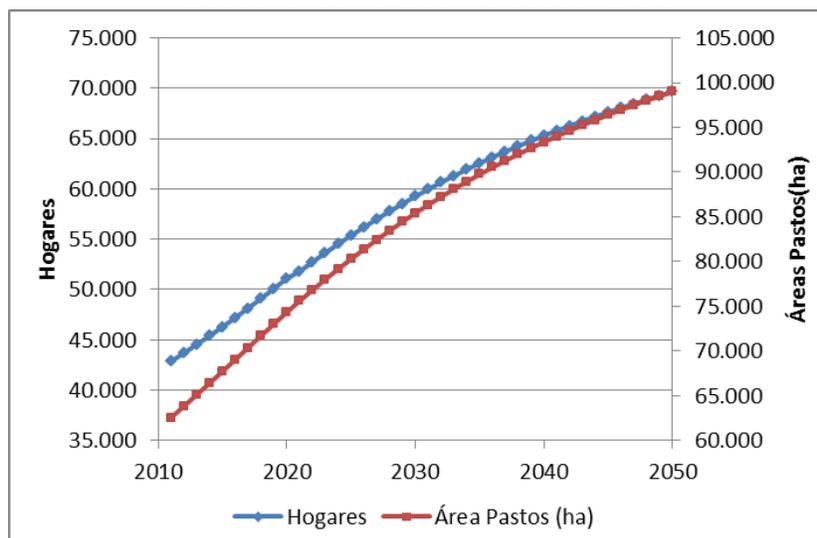
Ilustración 3.105. Cultivos en zonas de amenaza



Fuente: **Cálculos UT Macrocuencas con información de (DANE, 2011) e IDEAM-IGAC "Corine Land Cover 2007-09)**

De la Ilustración 3.105 se resalta las zonas en las que se concentra el 55% de los hogares con cultivos perdidos, agrupan el 35% del total del área de cultivos de la Macrocuenca y el 36% de los hogares rurales totales.

Ilustración 3.106. Pastos en zonas de amenaza



Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de (DANE, 2011) e IDEAM-IGAC "Corine Land Cover 2007-09"

En cuanto a los pastos en zonas de amenaza, los cuales resultan de gran importancia para la actividad agropecuaria, la Ilustración 3.106 muestra como las zonas que abarcan el 74% de los hogares con pérdidas de ganado, que corresponden al 35% del total del área en pastos de la Macrocuenca y el 32% de los hogares rurales totales.

En la Tabla 3.42 se presenta el número de hogares afectados en la Ola Invernal (2010-2011) por los eventos de inundación, deslizamiento, avalanchas y los hogares con cultivos y ganado perdido. Adicionalmente, se presentan las proyecciones de hogares afectados para el año 2020, 2030, 2040 y 2050 si ocurrieran las mismas condiciones de la Ola Invernal.

Tabla 3.42. Proyección de Hogares afectados por evento

| Evento | Inundaciones | Deslizamientos | Avalanchas | Cultivos perdidos | Ganado Perdido |
|--------------------------------------|--------------|----------------|------------|-------------------|----------------|
| Ola Invernal | 148.961 | 26.538 | 6.885 | 108.795 | 58.682 |
| %Hogares afectados / Hogares Totales | 7,4% | 1,3% | 0,3% | 5,4% | 2,9% |
| 2020 | 172.407 | 30.715 | 7.969 | 125.919 | 67.918 |
| 2030 | 195.057 | 34.750 | 9.016 | 142.461 | 76.840 |
| 2040 | 211.179 | 37.623 | 9.761 | 154.236 | 83.191 |
| 2050 | 222.570 | 39.652 | 10.288 | 162.556 | 87.679 |

Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de (IDEAM, 2010)

De la Tabla 3.42 sobresale que si la situación que ocurrió en el 2011 se presentará en el 2050, los afectados alcanzarían a ser 223.000 por inundaciones, 39.000 por deslizamientos y 10.000 por

avalanchas. De igual manera los afectados por cultivos y por pérdidas de ganado alcanzarían un total de 250.000 hogares.

Se modelaron entonces 3 escenarios teniendo en cuenta inversiones en la infraestructura y en la cobertura natural del área activa del río para demostrar cómo podría prevenir los posibles desastres asociados al agua en los próximos 40 años.

Tabla 3.43. Escenarios de desarrollo propuestos para prevenir los desastres asociados al agua

| Escenario | Características Principales |
|-----------|---|
| Optimista | <ul style="list-style-type: none"> Realizar inversiones en la infraestructura para el desarrollo de medidas de mitigación estructurales requeridas. Aumentar la cobertura natural del área activa del río de un 30% a un 80%. Las mejoras se producen gradualmente durante los próximos 5 años. |
| Probable | <ul style="list-style-type: none"> Realizar inversiones en la infraestructura para el desarrollo de medidas de mitigación estructurales requeridas. Aumentar la cobertura natural del área activa del río de un 30% a un 80%. Las mejoras se producen gradualmente durante la próxima década. |
| Pesimista | <ul style="list-style-type: none"> Realizar inversiones en la infraestructura para el desarrollo de medidas de mitigación estructurales requeridas. Aumentar la cobertura natural del área activa del río de un 30% a un 80%. Las mejoras se producen gradualmente durante los próximos 15 años. |

Fuente: UT Macrocuencas

Al modelar estas variaciones en la inversión en infraestructura y mejora de la cobertura natural en el área activa del río se observa que los hogares que se van a ver afectados por los diferentes eventos varían sustancialmente dependiendo del escenario. Esta información se presenta en la Tabla 3.44.

Tabla 3.44. Resultado de los escenarios de desarrollo

| Evento | Meta hogares afectados por Año | Hogares Afectados Hasta Alcanzar el Escenario Optimista | Hogares Afectados Hasta Alcanzar el Escenario Probable | Escenario Pesimista Hogares Afectados Hasta Alcanzar el Escenario Pesimista |
|-------------------|--------------------------------|---|--|---|
| Inundaciones | 7.448 | 78.962 | 182.329 | 286.065 |
| Remoción en masa | 1.671 | 17.717 | 40.911 | 64.187 |
| Cultivos perdidos | 5.440 | 57.671 | 133.166 | 208.930 |
| Ganado | 2.934 | 31.106 | 71.826 | 112.692 |

Fuente: Cálculos UT Macrocuencas

3.3.4.3 Intensidad de los Efectos del Cambio Climático en las Subzonas hidrográficas

Para el análisis del posible efecto del cambio climático se incluyeron proyecciones de las variables de temperatura, precipitación, y oferta hídrica disponible en la Macrocuenca. Se utilizó la información del portal “GCM” desarrollado por el Programa de Investigación en Cambio Climático, agricultura y seguridad alimentaria (Ramirez & Jarvis, 2008), para la predicción de las variables precipitación y temperatura en la Macrocuenca Magdalena Cauca. Dicho portal permite descargar información resultante de la implementación de diferentes modelos de predicción climática para cada uno de los diferentes escenarios de emisiones propuestos por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2000). En este caso específico se utilizó el modelo HadCM3 con una resolución de 2,5 minutos y para el escenario A1B, para la predicción de las variables temperatura y precipitación.

HadCM3 (Hadley Centre Coupled Model) es un modelo de predicción climática desarrollado por el centro de investigación en cambio climático de “The Met Office Hadley Centre” del Reino Unido. Se trata de un modelo acoplado atmosfera-oceano. El modelo a sido ampliamente implementado a nivel mundial por entidades como el IPCC (Panel Intergubernamental de Cambio Climático).

De acuerdo con el IPCC, los escenarios de tipo A1 describen un mundo futuro con un rápido crecimiento económico, una población mundial que alcanza su valor máximo hacia mediados del siglo y disminuye posteriormente, y una rápida introducción de tecnologías nuevas y más eficientes. Sus características distintivas más importantes son la convergencia entre regiones, la creación de capacidad y el aumento de las interacciones culturales y sociales, acompañadas de una notable reducción de las diferencias regionales en cuanto a ingresos por habitante. Específicamente el escenario A1B adicionalmente asume que se realizara una utilización equilibrada de todo tipo de fuentes de energía.

En la Tabla 3.45 se muestran las proyecciones de temperatura media mensual para los años 2020, 2030, 2040 y 2050. Se observa que los mayores cambios de temperatura entre los años 2000 y 2050 para las diferentes subzonas pertenecientes a la Macrocuenca se encuentran en un rango entre 2,78 y 3,49°C.

Tabla 3.45. Proyecciones de las subzonas hidrográficas con mayor aumento de temperatura media anual - Macrocuenca Magdalena Cauca

| Subzona Hidrográfica | Temp. 2000 (°C) | Temp. 2020 (°C) | Temp. 2030 (°C) | Temp. 2040 (°C) | Temp. 2050 (°C) | Δ Temp. 2000-2050 |
|-------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| 1601-Río Pamplonita | 19,67 | 23,16 | 21,83 | 22,49 | 23,16 | 3,49 |
| 1605-Río Algodonal (Alto Catatumbo) | 20,64 | 24 | 22,68 | 23,33 | 24 | 3,35 |
| 1303-Bajo Sinú | 27,34 | 30,67 | 29,32 | 29,99 | 30,67 | 3,33 |
| 1602-Río Zulia | 20,2 | 23,51 | 22,18 | 22,83 | 23,51 | 3,32 |
| 1401-Arroyos Directos al Caribe | 27,39 | 30,7 | 29,36 | 30,02 | 30,7 | 3,32 |
| 1310-Maria la Baja | 27,51 | 30,79 | 29,45 | 30,11 | 30,79 | 3,28 |

| | | | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| 1204-Río Canalete y otros Arroyos Directos al Caribe | 26,72 | 29,98 | 28,64 | 29,31 | 29,98 | 3,26 |
| 1608-Río del Suroeste y directos Río de Oro | 23,68 | 26,91 | 25,59 | 26,25 | 26,91 | 3,24 |
| 1504-Río Tapias | 25,63 | 28,86 | 27,58 | 28,23 | 28,86 | 3,24 |
| 1607-Bajo Catatumbo | 25,44 | 28,67 | 27,36 | 27,99 | 28,67 | 3,23 |
| 1603-Río Nuevo Presidente - Tres Bocas (Sardinata, Tibú) | 23,5 | 26,73 | 25,41 | 26,05 | 26,73 | 3,23 |
| 1309-Directos Caribe Golfo de Morrosquillo | 27,13 | 30,34 | 29,02 | 29,67 | 30,34 | 3,21 |
| 1604-Río Tarra | 19,5 | 22,71 | 21,4 | 22,05 | 22,71 | 3,21 |
| 1606-Río Socuavo del Norte y Río Socuavo Sur | 27,94 | 31,14 | 29,84 | 30,48 | 31,14 | 3,2 |
| 1503-Río Ancho y Otros Directos al caribe | 18,28 | 21,47 | 20,15 | 20,8 | 21,47 | 3,18 |
| 1501-Río Guachaca -Río Piedras - Río Manzanares | 23,47 | 26,61 | 25,28 | 25,93 | 26,61 | 3,14 |
| 1502-Río Don Diego | 18,15 | 21,28 | 19,95 | 20,61 | 21,28 | 3,13 |
| 1302-Medio Sinú | 26,82 | 29,93 | 28,67 | 29,29 | 29,93 | 3,1 |
| 1203-Río San Juan | 26,26 | 29,37 | 28,1 | 28,73 | 29,37 | 3,1 |
| 1506-Río Ranchería | 25,91 | 28,99 | 27,75 | 28,37 | 28,99 | 3,08 |
| 1111-Río Sucio | 22,8 | 25,8 | 24,6 | 25,19 | 25,8 | 3,00 |
| 1505-Río Camarones y otros directos Caribe | 27,67 | 30,67 | 29,45 | 30,04 | 30,67 | 3,00 |
| 1301-Alto Sinú - Urrá | 23,72 | 26,71 | 25,49 | 26,09 | 26,71 | 2,99 |
| 1202-Río Mulatos | 25,85 | 28,83 | 27,6 | 28,21 | 28,83 | 2,97 |
| 1115-Río Tanela y otros Directos al Caribe | 25,34 | 28,22 | 27,06 | 27,63 | 28,22 | 2,88 |
| 1110-Río Murindó - Directos al Atrato | 26,96 | 29,83 | 28,66 | 29,24 | 29,83 | 2,87 |
| 1201-Río León | 26,03 | 28,89 | 27,69 | 28,29 | 28,89 | 2,86 |
| 1114-Directos Bajo Atrato | 26,75 | 29,59 | 28,43 | 29 | 29,59 | 2,84 |
| 1107-Río Murrí | 20,51 | 23,31 | 22,15 | 22,72 | 23,31 | 2,81 |
| 1109-Río Napipí - Río Opogadó | 26,42 | 29,2 | 28,07 | 28,64 | 29,2 | 2,78 |

Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de (Ramírez & Jarvis, 2008)

En la siguiente tabla se muestran los rangos establecidos para los cambios de temperatura media mensual de acuerdo a los resultados obtenidos para toda la Macrocuena.

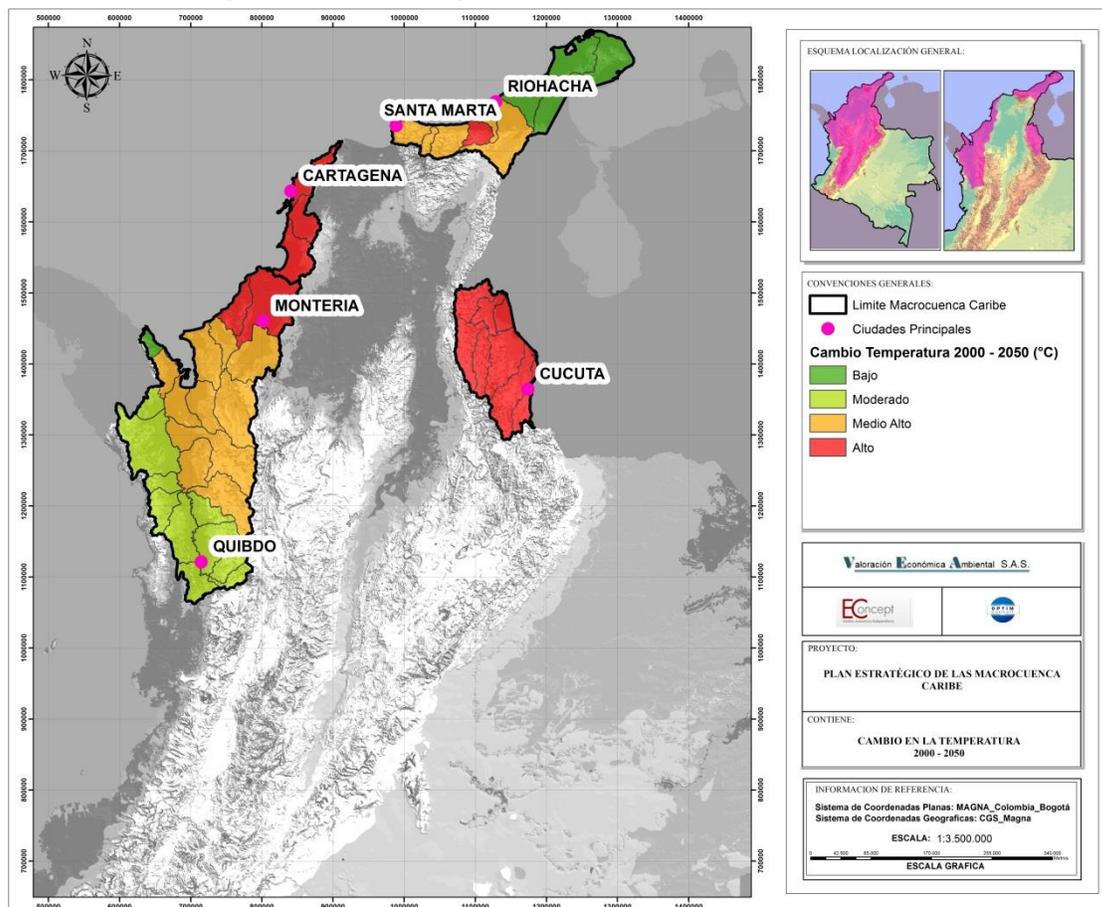
Tabla 3.46 Rangos establecidos para los cambios de temperatura media mensual

| Δ Temperatura (°C) | Clasificación |
|---------------------------|---------------|
| 2-2,39 | Bajo |
| 2,4-2,79 | Moderado |
| 2,8-3,19 | Medio Alto |
| 3,2-3,59 | Alto |

Fuente: Cálculos UT Macrocuencas

En la Ilustración 3.107 se puede observar la distribución por rangos para los cambios de temperatura en la Macrocuenca.

Ilustración 3.107. Mapa Cambio en la Temperatura Macrocuenca Caribe



Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de (Ramirez & Jarvis, 2008)

En lo referente a la precipitación, en las Tabla 3.47 y Tabla 3.48 se puede observar las proyecciones de la precipitación mensual para los años 2020, 2030, 2040 y 2050. Se observa que el mayor cambio en la precipitación entre los años 2000 y 2050 varía entre aumentos en la precipitación mensual de 4,05% hasta reducciones de 18,68%.

Tabla 3.47. Proyecciones de las subzonas hidrográficas con mayor aumento en la precipitación mensual (mm/mes) –Macrocuenca Caribe

| Subzona hidrográfica | Precip. 2000 | Precip. 2020 | Precip. 2030 | Precip. 2040 | Precip. 2050 | Δ Precip. 2000-2050 | % Δ Precip. 2000-2050 |
|---|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------------|-----------------------|
| 1102-Alto Atrato | 474,53 | 487,79 | 482,5 | 491,28 | 493,95 | 19,42 | 4,09% |
| 1101-Río Andágueda | 457,34 | 468,88 | 464,1 | 472,88 | 475,93 | 18,59 | 4,06% |
| 1103-Río Quito | 621,86 | 634,05 | 629,55 | 637,87 | 641,05 | 19,19 | 3,09% |
| 1107-Río Murri | 267,8 | 272,89 | 265,48 | 274,42 | 275,46 | 7,66 | 2,86% |
| 1104-Río Bebaramá y otros Directos Atrato | 535,47 | 543,71 | 537,68 | 546,44 | 548,64 | 13,18 | 2,46% |
| 1105-Directos Atrato (mi) | 551,82 | 559,27 | 552,71 | 561,23 | 563,26 | 11,44 | 2,07% |

Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de (Ramirez & Jarvis, 2008)

Tabla 3.48. **Proyecciones de las subzonas hidrográficas con mayor reducción en la precipitación mensual (mm/mes) - Macrocuenca Caribe**

| Subzona hidrográfica | Precip. 2000 | Precip. 2020 | Precip. 2030 | Precip. 2040 | Precip. 2050 | Δ Precip. 2000-2050 | % Δ Precip. 2000-2050 |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------------|-----------------------|
| 1401-Arroyos Directos al Caribe | 89,16 | 88,63 | 81,09 | 79,33 | 72,5 | -16,66 | -18,68% |
| 1309-Directos Caribe Golfo de Morrosquillo | 105,16 | 104,65 | 96,04 | 95,25 | 88,89 | -16,26 | -15,46% |
| 1601-Río Pamplonita | 113,54 | 105,48 | 96,39 | 96,96 | 96,06 | -17,48 | -15,40% |
| 1310-Maria la Baja | 117,32 | 116,62 | 108,31 | 106,54 | 99,72 | -17,6 | -15,00% |
| 1604-Río Tarra | 131,78 | 124,88 | 116,51 | 117,05 | 114,92 | -16,86 | -12,79% |
| 1605-Río Algodonal (Alto Catatumbo) | 124,15 | 119,15 | 110,89 | 111,08 | 108,46 | -15,68 | -12,63% |
| 1303-Bajo Sinú | 110,65 | 110,05 | 101,04 | 102,61 | 97,59 | -13,07 | -11,81% |
| 1602-Río Zulia | 137,48 | 131,02 | 122,27 | 123,02 | 121,98 | -15,49 | -11,27% |

Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de (Ramirez & Jarvis, 2008)

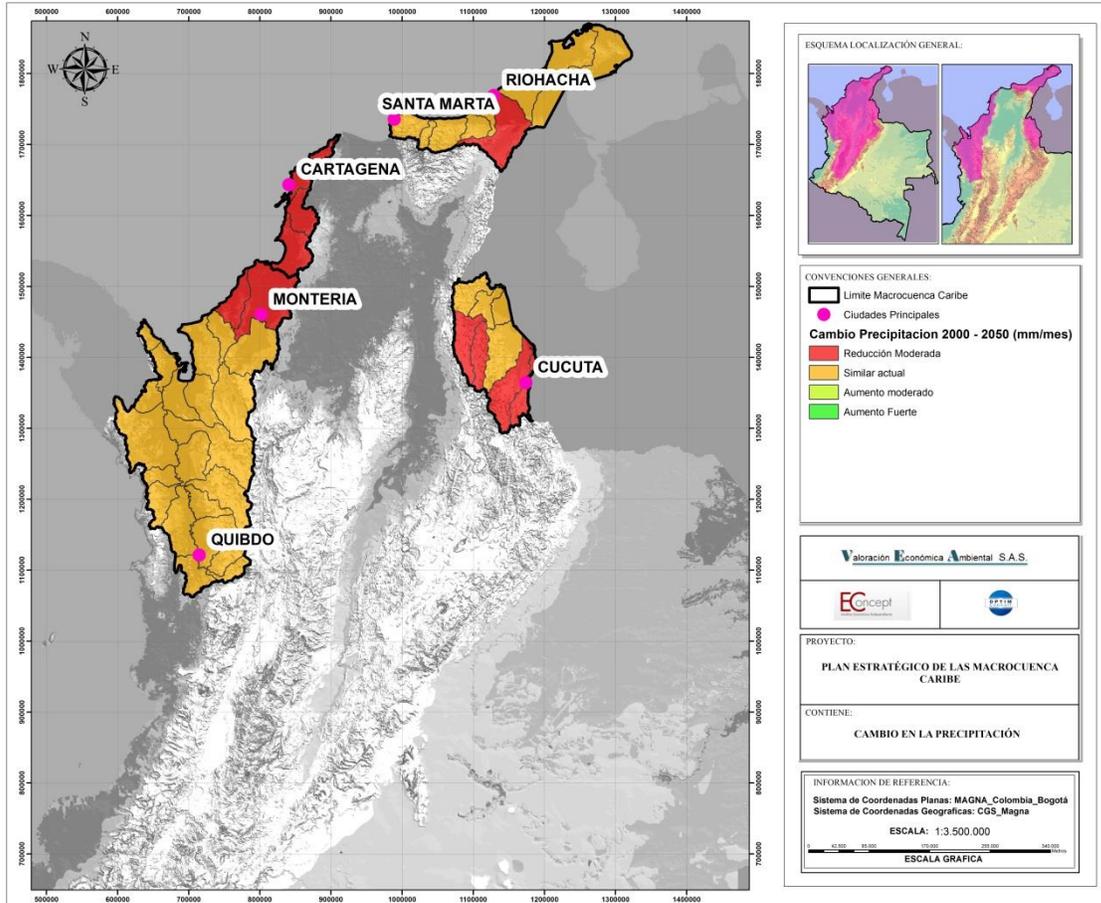
Con el objetivo de representar en un mapa el cambio en la precipitación mensual se clasificaron los porcentajes de cambio (Tabla 3.47 y Tabla 3.48) según se muestra a continuación:

| % Δ en la precipitación mensual | Clasificación |
|---------------------------------|--------------------|
| -40% a -25,01% | Reducción fuerte |
| -25% a -10,01% | Reducción moderada |
| -10% a 9,99% | Similar actual |
| 10% a 24,99% | Aumento Moderado |
| 25% a 40%% | Aumento Fuerte |

Fuente: Cálculos UT Macrocuencas

En la Ilustración 3.108 se puede observar la distribución por rangos en el área de la Macrocuenca.

Ilustración 3.108. **Mapa Cambio en la Precipitación Mensual Macrocuenca Caribe**



Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de (Ramirez & Jarvis, 2008)

Los resultados obtenidos de precipitación y temperatura, y sus respectivos cambios proyectados entre los años 2000 y 2050 se utilizaron como variables de entrada en el cálculo de la oferta hídrica disponible.

Utilizando las ecuaciones que se muestran a continuación tomadas del ENA-1010 y (Gardner, 2009), se determinó el cambio en la escorrentía y posteriormente teniendo en cuenta las áreas de cada subzona se determinó el cambio en la oferta hídrica disponible.

$$dE = \exp\left(\frac{-ETP}{P}\right) * \left(1 + \frac{ETP}{P}\right) * dP - \left[5.444 * 10^{10} * \exp\left(\frac{-ETP}{P}\right) * \exp\left(\frac{-4620}{T_k}\right) * T_k^{-2}\right] * dT_k \quad (1)$$

$$ETP = 1,2 * 10^{10} * \exp\left(\frac{-4620}{T_k}\right) \quad (2)$$

Dónde:

dE = Cambio en la escorrentía

ETP = Evapotranspiración Potencial

T_k = Temperatura

dT_k = Cambio en la temperatura en grados Kelvin

P = Precipitación

dP = Cambio en la precipitación

A continuación se muestran las subzonas que de acuerdo al modelo presentaran una reducción moderada en la oferta hídrica disponible para el 2050 (-15,01% >% Δ OHD> -45,00%).

Tabla 3.49. Subzonas con reducción moderada en la OHD para el 2050

| Zona | Subzona Hidrográfica | %Cambio OHD |
|-----------|--|-------------|
| Urabá | 1201-Río León | -16% |
| Catatumbo | 1608-Río del Suroeste y directos Río de Oro | -18% |
| Urabá | 1113-Río Cacarica | -19% |
| Urabá | 1114-Directos Bajo Atrato | -20% |
| Catatumbo | 1607-Bajo Catatumbo | -20% |
| Guajira | 1501-Río Guachaca -Río Piedras - Río Manzanares | -21% |
| Urabá | 1116-Río Tolo y otros Directos al Caribe | -21% |
| Urabá | 1115-Río Tanela y otros Directos al Caribe | -22% |
| Catatumbo | 1606-Río Socuavo del Norte y Río Socuavo Sur | -22% |
| Guajira | 1505-Río Camarones y otros directos Caribe | -24% |
| Catatumbo | 1605-Río Algodonal (Alto Catatumbo) | -27% |
| Urabá | 1302-Medio Sinú | -28% |
| Urabá | 1202-Río Mulatos | -29% |
| Guajira | 1502-Río Don Diego | -29% |
| Catatumbo | 1603-Río Nuevo Presidente - Tres Bocas (Sardinata, Tibú) | -29% |
| Guajira | 1504-Río Tapias | -31% |
| Catatumbo | 1604-Río Tarra | -32% |
| Urabá | 1303-Bajo Sinú | -32% |
| Urabá | 1204-Río Canaleta y otros Arroyos Directos al Caribe | -35% |
| Catatumbo | 1602-Río Zulia | -36% |
| Guajira | 1503-Río Ancho y Otros Directos al caribe | -36% |
| Litoral | 1309-Directos Caribe Golfo de Morrosquillo | -37% |
| Litoral | 1401-Arroyos Directos al Caribe | -41% |
| Urabá | 1203-Río San Juan | -43% |
| Catatumbo | 1601-Río Pamplonita | -43% |

Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de (Ramirez & Jarvis, 2008)

A continuación se muestran las subzonas que de acuerdo al modelo presentaran una reducción fuerte en la oferta hídrica disponible para el 2050 (% Δ OHD<-45,01%).

Tabla 3.50. Subzonas con reducción fuerte en la OHD para el 2050

| Zona | Subzona Hidrográfica | %Cambio OHD |
|---------|----------------------|-------------|
| Guajira | 1506-Río Ranchería | -52% |
| Litoral | 1310-Maria la Baja | -46% |

Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de (Ramirez & Jarvis, 2008)

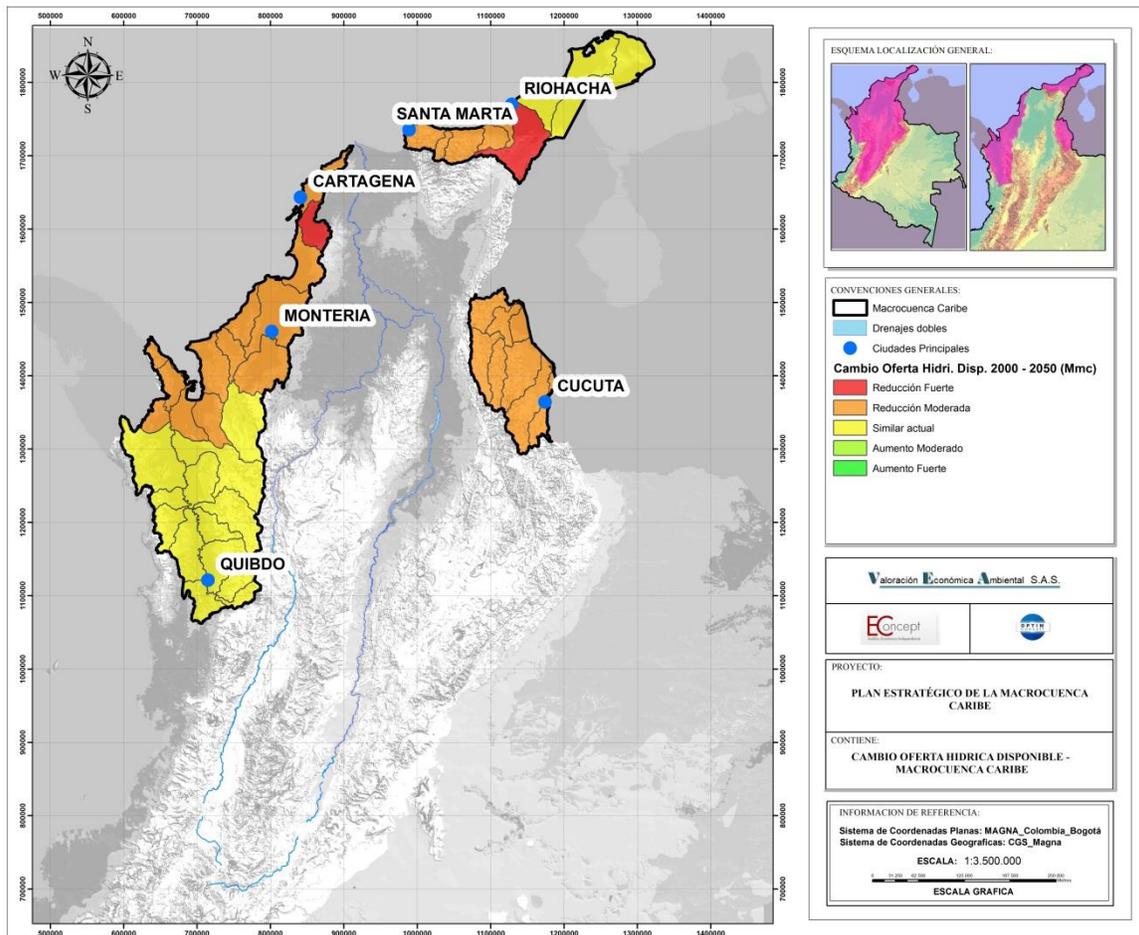
Para la representación en un mapa del cambio en la oferta hídrica disponible se clasificaron los valores según se muestra a continuación:

| % Cambio OHD | Clasificación |
|--------------|--------------------|
| <-45,01 | Reducción fuerte |
| -45 a -15,01 | Reducción moderada |
| -15 a 14,99 | Similar actual |
| 15 a 44,99 | Aumento Moderado |
| >45 | Aumento Fuerte |

Fuente: Cálculos UT Macrocuencas

A continuación se muestra el cambio en la OHD para toda la Macrocuena

Ilustración 3.109. Cambio en la Oferta Hídrica Disponible OHD-Macrocuena Caribe



Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de (Ramirez & Jarvis, 2008)

Evidentemente, el cambio de oferta hídrica disponible en la Macrocuena conduciría a situaciones extendidas de escasas ya que la mayoría de zonas presentan una reducción fuerte y moderada por presentar una baja disponibilidad del recurso. Adicionalmente, ninguna zona presentará un aumento sino más bien continuaran con la oferta actual.

3.3.4.4 Capacidad de amortiguación hidráulica de ecosistemas.

La importancia de las ciénagas está dada no solo desde el punto de vista ecológico, sino también socioeconómico por las múltiples funciones, valores y atributos, que son esenciales no solo para las comunidades que en ellas habitan sino, para las poblaciones ribereñas y el país. En primer lugar son sistemas naturales de soporte vital, y son base de actividades productivas y socioculturales, tales como economías extractivas basadas en el uso de muchas especies, a través de la pesca artesanal y la agricultura en épocas de estiaje. En segundo lugar, cumplen la función de reguladoras de nivel de los ríos, almacenando las aguas que traen cuando aumenta su nivel por las lluvias durante el invierno y dejándolas salir, cuando el nivel desciende durante el periodo seco o verano. Y finalmente son consideradas como áreas estratégicas para la biodiversidad (habitat, especies y tipos genéticos) y para la sostenibilidad del sector pesquero artesanal. La presencia de ciénagas es especialmente común en las partes más bajas de la cuenca, lo cual transmite a la región su característica más especial, que es la de estar formada por terrenos bajos sometidos a inundaciones periódicas.

En algunos casos la construcción de carreteras, como sucede en el Complejo Lagunar Ciénaga Grande de Santa Marta, produce una variación en las condiciones hidráulicas del sistema debido a la interrupción del intercambio hídrico entre el río Magdalena y las zonas de inundación (manglares y ciénagas) y entre estas y el mar. Como consecuencia se genera la hipersalinización de ciertas lagunas y de los suelos de algunos sectores del complejo y por consiguiente la muerte de extensas áreas de manglar. También son factores de riesgo de las ciénagas, la agricultura extensiva, la urbanización, contaminación del sistema ecológico e hidrológico.

Con el objetivo de identificar las zonas con la mayor presencia de ciénagas, se usaron los datos del “Corine Land Cover”. Allí las ciénagas entran dentro de la clasificación de zonas pantanosas. Al realizar el filtro por este tipo de cobertura se encuentra que las zonas hidrográficas con más área en este aspecto son Atrato – Darién y Sinú. A continuación se presentan las Zonas Hidrográficas con mayor cobertura y las Subzonas que las componen, además del valor de área que tienen y el porcentaje que representa respecto al total de área de cobertura clasificada como zonas pantanosas dentro de la categoría de Áreas Húmedas Continentales en toda la extensión de la macrocuenca de Caribe.

Tabla 3.51 Subzonas con áreas de ciénagas y su porcentaje respecto al total de estas áreas en la cuenca.

| Zona Hidrográfica | Subzona Hidrográfica | | Área (Ha) | % del área total |
|-------------------|----------------------|--------------------------------------|-----------|------------------|
| Atrato - Darién | 1103 | Río Quito | 385,21 | 0,51% |
| | 1104 | Río Bebaramá y otros Directos Atrato | 3.297,68 | 4,37% |
| | 1105 | Directos Atrato (mi) | 8.798,56 | 11,65% |
| | 110 | Directos Atrato (md) | 945,51 | 1,25% |

| | | | | |
|-------------------------|------|---|------------------|---------------|
| | 6 | | | |
| | 1109 | Río Napipí - Río Opogadó | 8.798,56 | 11,65% |
| | 1110 | Río Murindó - Directos al Atrato | 945,51 | 1,25% |
| | 1111 | Río Sucio | 3.010,72 | 3,99% |
| | 1112 | Río Salaquí y otros directos Bajo Atrato | 2.073,88 | 2,75% |
| | 1113 | Río Cacarica | 33,41 | 0,04% |
| | 1114 | Directos Bajo Atrato | 1.975,87 | 2,62% |
| | 1115 | Río Tanela y otros Directos al Caribe | 35,70 | 0,05% |
| | | Total | 45.926,43 | 60,84% |
| Caribe - Guajira | 1503 | Río Ancho y Otros Directos al caribe | 452,51 | 0,60% |
| | 1504 | Río Tapias | 127,51 | 0,17% |
| | 1505 | Río Camarones y otros directos Caribe | 91,91 | 0,12% |
| | 1506 | Río Ranchería | 92,16 | 0,12% |
| | | Total | 764,08 | 1,01% |
| Caribe - Litoral | 1401 | Arroyos Directos al Caribe | 1.944,76 | 2,58% |
| | | Total | 1.944,76 | 2,58% |
| Caribe- Urabá | 1201 | Río León | 217,66 | 0,29% |
| | 1202 | Río Mulatos | 115,85 | 0,15% |
| | 1203 | Río San Juan | 396,46 | 0,53% |
| | 1204 | Río Canalete y otros Arroyos Directos al Caribe | 26,37 | 0,03% |
| | | Total | 756,34 | 1,00% |
| Catatumbo | 1603 | Río Nuevo Presidente - Tres Bocas (Sardinata, Tibú) | 54,60 | 0,07% |
| | | Total | 54,60 | 0,07% |
| Sinú | 1302 | Medio Sinú | 1.748,92 | 2,32% |
| | 1303 | Bajo Sinú | 18.320,64 | 24,27% |
| | 1309 | Directos Caribe Golfo de Morrosquillo | 1.425,59 | 1,89% |
| | 1310 | María la Baja | 4.551,80 | 6,03% |
| | | Total | 26.046,9 | 34,50% |

| | | | |
|--|---------------------------------|------------------|----------------|
| | | 6 | |
| | Total ciénagas en Caribe | 75.493,17 | 100,00% |

Fuente: Cálculos UT Macrocuencas

De éstas, las Subzonas Hidrográficas que presentan mayor área de cobertura y por tanto las que tienen que ser priorizadas son las que se muestran en la tabla a continuación.

Tabla 3.52 Subzonas priorizadas para recuperar la capacidad de amortiguación hidráulica de crecientes en la cuenca

| Subzona hidrográfica | | Área (Ha) | % del área total |
|----------------------|--|-------------|------------------|
| 1303 | Bajo Sinú | 18320,64406 | 24,27% |
| 1105 | Directos Atrato (mi) | 8798,558526 | 11,65% |
| 1310 | María la Baja | 4551,801213 | 6,03% |
| 1104 | Río Bebaramá y otros Directos Atrato | 3297,683464 | 4,37% |
| 1111 | Río Sucio | 3010,716073 | 3,99% |
| 1112 | Río Salaquí y otros directos Bajo Atrato | 2073,878375 | 2,75% |
| 1401 | Arroyos Directos al Caribe | 1944,762176 | 2,58% |
| 1302 | Medio Sinú | 1748,921531 | 2,32% |

Fuente: Cálculos UT Macrocuencas

3.3.4.5 Posibilidades de acción

Para proteger a la población contra los eventos de inundación, avalancha y deslizamiento se deben incluir obras hidráulicas estructurales, que controlen los flujos y los sedimentos que arrastran los ríos, que dan protección o reducen los riesgos de inundación, y comprenden recuperación de los cauces y rondas de los ríos. (CEPAL; BID, 2012). En este orden de ideas se presentan las siguientes posibilidades de acción para la disminución y control del riesgo:

- Implementación de medidas de mitigación estructurales que favorezcan el transporte fluvial y las condiciones de protección de los asentamientos humanos. Entre estas se encuentran modificaciones a los canales de los ríos, defensas ribereñas, depresiones para desbordamiento, cauces de alivio y obras de drenaje.
- Aumento de la regulación hídrica mediante el aumento de la cobertura natural en las subzonas y aumento de la cobertura natural en las rondas hídricas y áreas activas de inundación.
- Planeación Urbana y Localización de nuevos asentamientos.
- Implementación de medidas de mitigación no estructurales: Sistemas de monitoreo de las cuencas y de alerta temprana, elaboración de planes de contingencia y evacuación, y de mapas de amenazas y riesgos.

Con respecto a la implementación de medidas de mitigación de riesgo estructurales, se puede analizar cómo fueron los costos en el caso de eventos anteriores. En este orden de ideas, se

presenta en la Tabla 3.53 la valoración de costos de las medidas de mitigación de la ola invernal, según el tipo de riesgo. (CEPAL;BID, 2012)

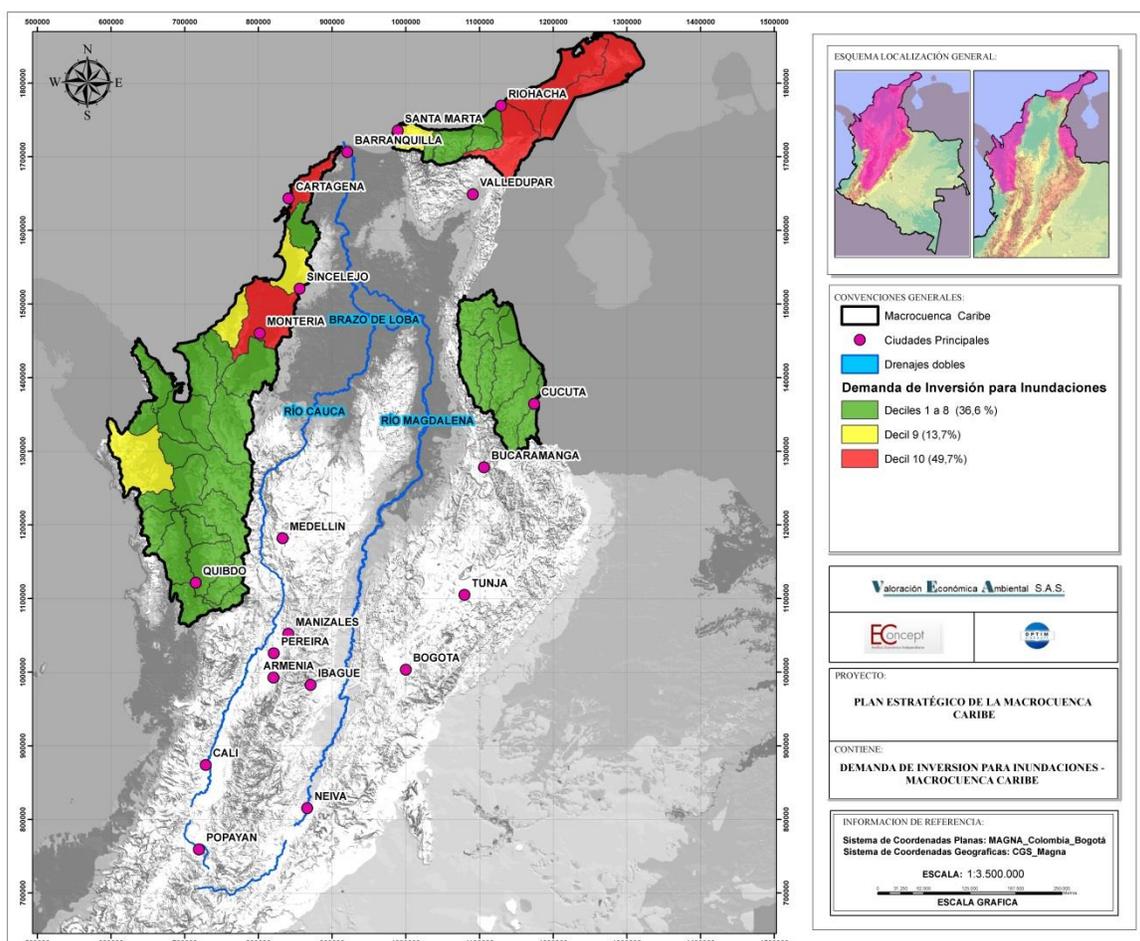
Tabla 3.53. Costo de las medidas de mitigación según el tipo de riesgo

| Riesgo | Costo medidas de mitigación por hogar afectado (millones de pesos) |
|------------------|--|
| Inundaciones | 4,04 |
| Remoción en masa | 3,03 |

Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de (CEPAL;BID)

Con base en la información anterior se puede calcular cuales subzonas representan el mayor porcentaje de inversión en medidas de mitigación estructurales. Para el caso de la demanda de inversión por inundaciones se presenta la Ilustración 3.110.

Ilustración 3.110. Demanda de inversión por subzonas - Inundación



Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de (DANE, 2011)

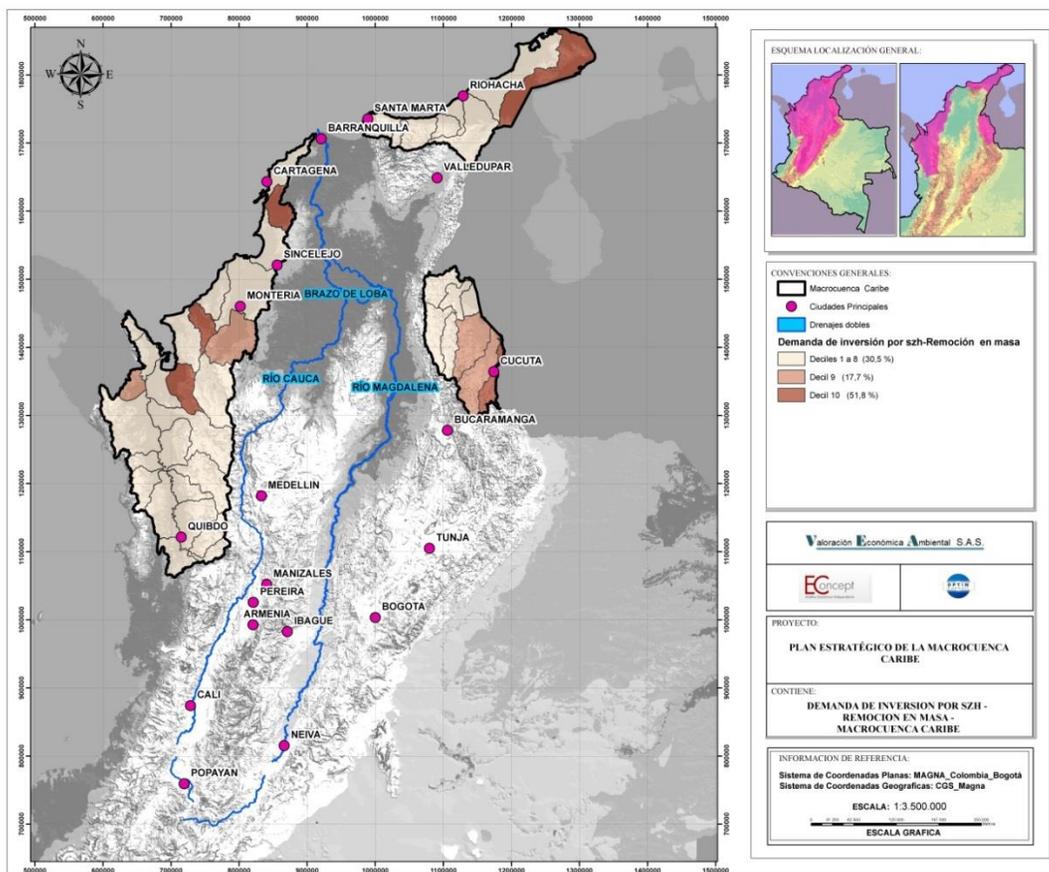
Las 9 subzonas que demandan el 63% de la inversión por hogares afectados por inundación se presentan en la Tabla 3.54.

Tabla 3.54. Demanda de inversión por afectación de inundaciones

| Cód SZH | Subzona hidrográfica | % |
|---------|--|-----|
| 1303 | Bajo Sinú | 22% |
| 1507 | Directos Caribe - Ay. Sharimahana Alta Guajira | 9% |
| 1508 | Río Carraipía - Paraguachón, Directos al Golfo Maracaibo | 8% |
| 1401 | Arroyos Directos al Caribe | 6% |
| 1506 | Río Ranchería | 5% |
| 1309 | Directos Caribe Golfo de Morrosquillo | 4% |
| 1204 | Río Canaleta y otros Arroyos Directos al Caribe | 4% |
| 1501 | Río Guachaca -Río Piedras - Río Manzanares | 3% |
| 1112 | Río Salaquí y otros directos Bajo Atrato | 3% |

Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de (DANE, 2011)

Ilustración 3.111. Demanda de inversión por subzonas – Remoción en masa



Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de (DANE, 2011)

Las 9 subzonas que demandan el 70% de la inversión por hogares afectados por fenómenos de remoción en masa se listan en la Tabla 3.55

Tabla 3.55. Demanda de inversión por fenómenos de remoción en masa

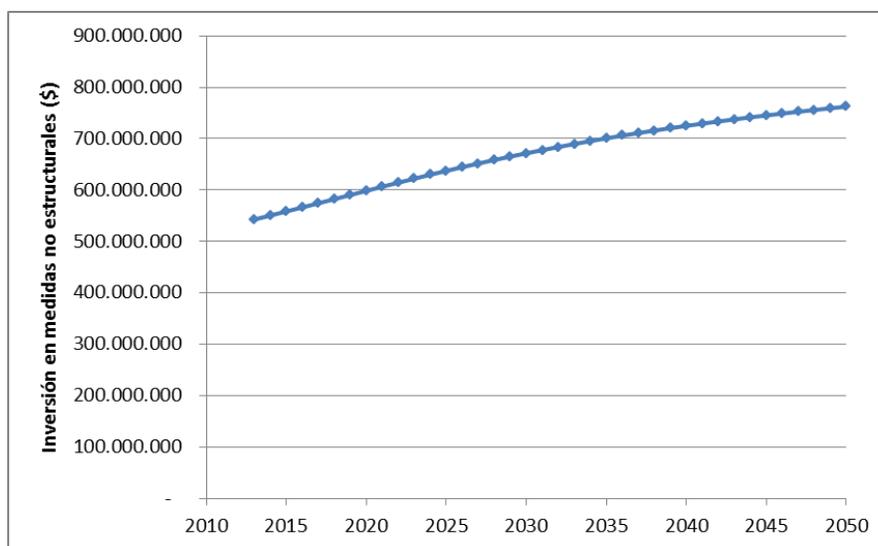
| Cód SZH | Subzona hidrográfica | % |
|---------|---|-----|
| 1602 | Río Zulia | 15% |
| 1204 | Río Canalete y otros Arroyos Directos al Caribe | 15% |
| 1601 | Río Pamplonita | 9% |
| 1401 | Arroyos Directos al Caribe | 7% |
| 1202 | Río Mulatos | 6% |
| 1604 | Río Tarra | 5% |
| 1303 | Bajo Sinú | 5% |
| 1603 | Río Nuevo Presidente - Tres Bocas (Sardinata, Tibú) | 4% |
| 1114 | Directos Bajo Atrato | 4% |

Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de (DANE, 2011)

Adicional a esto se requieren una serie de medidas no estructurales, como estudios de riesgo por inundación y fenómenos de remoción en masa, con la zonificación en un mapa de riesgos, entre otros. Estas medidas permitirán identificar las zonas más vulnerables y a la vez prepararse para el manejo de las situaciones de desastre.

En la Ilustración 3.112 se observa la inversión en medidas no estructurales que se requerirían para las subzonas en las que se concentra el 63% de los hogares afectados por inundación, el 76% de los hogares afectados por deslizamiento y el 56% de los hogares afectados por avalancha. Para el año 2013 esta inversión es de 550 millones de pesos para 880.000 hogares aproximadamente, y puede llegar a significar 768 millones de pesos para 1.200.000 hogares aproximadamente.

Ilustración 3.112. Inversión en medidas no estructurales requeridas



Fuente: UT Macrocuencas con información de (PNUD,UNGRD, 2012)

3.3.4.6 Escenarios de desarrollo

Para responder a la pregunta de cómo podría protegerse a la población de posibles desastres asociados al agua en los próximos 40 años se plantearon 3 diferentes escenarios: Optimista, probable y pesimista.

En el escenario *optimista* se plantea que se realiza inversiones en la infraestructura para el desarrollo de medidas de mitigación estructurales requeridas y un aumento del 30% a 80% de la cobertura natural del área activa del río. En este escenario las mejoras se producen gradualmente durante los próximos 5 años.

En el escenario *probable* se plantea que se realizan inversiones en la infraestructura para el desarrollo de medidas de mitigación estructurales requeridas y un aumento del 30% a 80% de la cobertura natural del área activa del río. En este escenario las mejoras se producen gradualmente durante la próxima década.

En el escenario *pesimista* se plantea que se realizan inversiones en la infraestructura para el desarrollo de medidas de mitigación estructurales requeridas y un aumento del 30% a 80% de la cobertura natural del área activa del río. En este escenario las mejoras se producen gradualmente durante los próximos 15 años.

Al modelar estas variaciones en la inversión en infraestructura y mejora de la cobertura natural en el área activa del río se observa que los hogares que se van a ver afectados por los diferentes eventos varían sustancialmente dependiendo del escenario. Esta información se presenta en la Tabla 3.56.

Tabla 3.56. Resultado de los escenarios de desarrollo

| Evento | Meta hogares afectados por Año | Hogares Afectados Hasta Alcanzar el Escenario Optimista | Hogares Afectados Hasta Alcanzar el Escenario Probable | Escenario Pesimista Hogares Afectados Hasta Alcanzar el Escenario Pesimista |
|-------------------|--------------------------------|---|--|---|
| Inundaciones | 7.448 | 78.962 | 182.329 | 286.065 |
| Remoción en masa | 1.671 | 17.717 | 40.911 | 64.187 |
| Cultivos perdidos | 5.440 | 57.671 | 133.166 | 208.930 |
| Ganado | 2.934 | 31.106 | 71.826 | 112.692 |

Fuente: Cálculos UT Macrocuencas

3.3.5 Gobernanza del Agua

3.3.5.1 Coordinación para la gobernanza del agua

Para el análisis del recurso hídrico desde el enfoque de gobernabilidad e institucional, se construye el índice de Coordinación para la Gobernanza del Agua (ICGA), calculado a partir de la ponderación de variables que representan las cuatro dimensiones de la Gobernanza del Agua (Económica, Ambiental, Social y Político Administrativa). Lo anterior, con el fin de construir un panorama que permita identificar las subzonas con mayor potencial de conflictividad alrededor de las diferentes temáticas: Oferta hídrica, Demanda hídrica, Calidad hídrica y Riesgos asociados al agua.

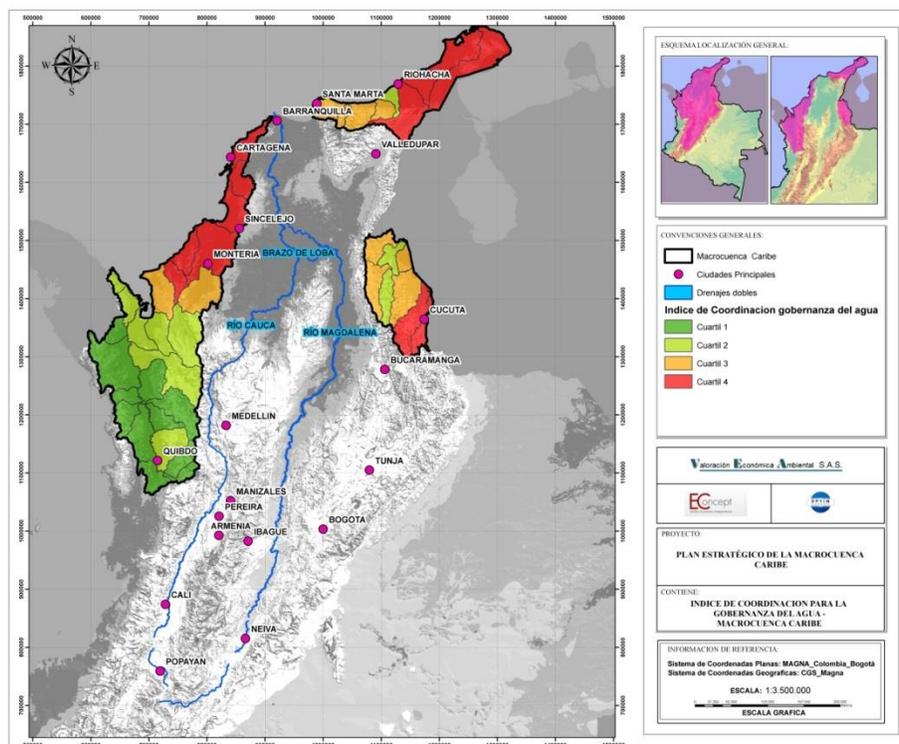
En este orden de ideas, el ICGA se calcula mediante la normalización de las variables seleccionadas y la ponderación de éstas. Para la ponderación, se asigna un peso de 30% a la variable del índice del Uso del agua y el restante 70% se distribuye proporcionalmente a cada variable. Lo anterior,

debido a que el índice del uso del agua establece la relación entre la demanda y la oferta hídrica disponible. Las variables analizadas se presentan a continuación:

- Índice del Uso de Agua
- Número de municipios con jurisdicción.
- Número de departamentos con jurisdicción.
- Número de predios por subzona hidrográfica.
- Número de resguardos indígenas con jurisdicción.
- Número de comunidades afrodescendientes con jurisdicción.
- Número de autoridades ambientales con jurisdicción.
- Área de riego en la subzona hidrográfica.
- Producción de hidrocarburos.
- Producción minera.
- Represas proyectadas en un período de 10 años.

Lo anterior, garantiza que se desarrolle un análisis de “forma sistémica, interdisciplinar, incluyente, democrática, participativa, intersectorial, con transversalidad y garante del modelo de “Buen Gobierno”, a fin de garantizar un enfoque sostenible del agua, no como recurso sino como bien fundamental” (DNP; BID; MADS).

Ilustración 3.113. Índice de Coordinación para la Gobernanza del Agua



Fuente: Cálculos UT Macrocuenas

Las 11 subzonas hidrográficas que tienen el mayor ICGA se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 3.57. Índice de Coordinación para la Gobernanza del Agua de las 11 subzonas con mayor ICGA

| Cód SZH | Subzona Hidrográfica | ICGA |
|---------|--|--------|
| 1310 | Maria la Baja | 0,3937 |
| 1309 | Directos Caribe Golfo de Morrosquillo | 0,1403 |
| 1401 | Arroyos Directos al Caribe | 0,1352 |
| 1204 | Río Canaleta y otros Arroyos Directos al Caribe | 0,1257 |
| 1508 | Río Carraipía - Paraguachón, Directos al Golfo Maracaibo | 0,1118 |
| 1601 | Río Pamplonita | 0,1096 |
| 1506 | Río Ranchería | 0,1094 |
| 1303 | Bajo Sinú | 0,0801 |
| 1507 | Directos Caribe - Ay.Sharimahana Alta Guajira | 0,0328 |
| 1602 | Río Zulia | 0,0319 |
| 1203 | Río San Juan | 0,0315 |

Fuente: Cálculos UT Macrocuencas

Adicionalmente, se presentan las subzonas con mayor índice del Uso del Agua, mayor número de municipios con jurisdicción, mayor número de departamentos con jurisdicción y mayor número de autoridades ambientales con jurisdicción.

Tabla 3.58. Subzonas con mayor Índice del Uso del Agua

| Cód SZH | Subzona Hidrográfica | IUA |
|---------|--|------|
| 1310 | Maria la Baja | 2,11 |
| 1309 | Directos Caribe Golfo de Morrosquillo | 0,99 |
| 1401 | Arroyos Directos al Caribe | 0,95 |
| 1204 | Río Canaleta y otros Arroyos Directos al Caribe | 0,88 |
| 1508 | Río Carraipía - Paraguachón, Directos al Golfo Maracaibo | 0,79 |
| 1601 | Río Pamplonita | 0,77 |
| 1506 | Río Ranchería | 0,77 |
| 1303 | Bajo Sinú | 0,56 |
| 1507 | Directos Caribe - Ay.Sharimahana Alta Guajira | 0,23 |
| 1602 | Río Zulia | 0,22 |
| 1203 | Río San Juan | 0,22 |
| 1501 | Río Guachaca -Río Piedras - Río Manzanares | 0,17 |

Fuente: Cálculos UT Macrocuencas

Tabla 3.59. Subzonas con mayor número de municipios con jurisdicción

| Cód SZH | Subzona Hidrográfica | Número de Municipios con jurisdicción |
|---------|---|---------------------------------------|
| 1602 | Río Zulia | 23 |
| 1303 | Bajo Sinú | 22 |
| 1309 | Directos Caribe Golfo de Morrosquillo | 18 |
| 1601 | Río Pamplonita | 17 |
| 1401 | Arroyos Directos al Caribe | 16 |
| 1111 | Río Sucio | 16 |
| 1603 | Río Nuevo Presidente - Tres Bocas (Sardinata, Tibú) | 15 |
| 1605 | Río Algodonal (Alto Catatumbo) | 14 |
| 1107 | Río Murri | 13 |
| 1310 | Maria la Baja | 12 |
| 1301 | Alto Sinú - Urrá | 12 |
| 1204 | Río Canaleta y otros Arroyos Directos al Caribe | 12 |

Fuente: Cálculos UT Macrocuencas

Tabla 3.60. Subzonas con mayor número de departamentos con jurisdicción

| Cód SZH | Subzona Hidrográfica | Número de departamentos con jurisdicción |
|---------|---|--|
| 1503 | Río Ancho y Otros Directos al caribe | 3 |
| 1309 | Directos Caribe Golfo de Morrosquillo | 3 |
| 1303 | Bajo Sinú | 3 |
| 1101 | Río Andágueda | 3 |
| 1608 | Río del Suroeste y directos Río de Oro | 2 |
| 1605 | Río Algodonal (Alto Catatumbo) | 2 |
| 1602 | Río Zulia | 2 |
| 1401 | Arroyos Directos al Caribe | 2 |
| 1310 | Maria la Baja | 2 |
| 1302 | Medio Sinú | 2 |
| 1301 | Alto Sinú - Urrá | 2 |
| 1204 | Río Canaleta y otros Arroyos Directos al Caribe | 2 |
| 1203 | Río San Juan | 2 |

Fuente: Cálculos UT Macrocuencas

Tabla 3.61. Subzonas con mayor número de autoridades ambientales con jurisdicción

| Cód SZH | Subzona Hidrográfica | Número de autoridades ambientales con jurisdicción |
|---------|--|--|
| 1605 | Río Algodonal (Alto Catatumbo) | 2 |
| 1602 | Río Zulia | 2 |
| 1601 | Río Pamplonita | 2 |
| 1508 | Río Carraipía - Paraguachón, Directos al Golfo Maracaibo | 2 |
| 1506 | Río Ranchería | 2 |
| 1501 | Río Guachaca -Río Piedras - Río Manzanares | 2 |
| 1401 | Arroyos Directos al Caribe | 2 |
| 1309 | Directos Caribe Golfo de Morrosquillo | 2 |
| 1201 | Río León | 2 |
| 1115 | Río Tanela y otros Directos al Caribe | 2 |
| 1114 | Directos Bajo Atrato | 2 |
| 1111 | Río Sucio | 2 |
| 1107 | Río Murri | 2 |

Fuente: Cálculos UT Macrocuencas

3.3.5.2 Posibilidades de Acción

Con relación a las posibilidades de acción en la coordinación para la gobernanza del agua, se deben incluir posibilidades que incluyan la representación de todos los actores institucionales, públicos y privados. En este orden de ideas, se analizaron normativas y documentos como el Decreto 1640 de 2012, la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico, la Misión Gobernanza del Agua, el Plan Nacional de Desarrollo, entre otros, con el fin de incluir los objetivos actuales y planeados con relación a la gobernabilidad del recurso hídrico.

Las posibilidades se presentan a continuación.

- Incrementar e intensificar los instrumentos de planificación, administración, monitoreo y control del recurso hídrico.

- Articular y coordinar las actividades y planes entre los Ministerios, las autoridades ambientales y los entes territoriales.
- Desarrollo de herramientas y sistemas de información de usuarios del recurso hídrico.
- Implementar escenarios y espacios que permitan la identificación y manejo de conflictos.
- Fomentar la investigación y revisión normativa.
- Desarrollar e implementar esquemas de gestión comunitaria local hacia el uso y manejo responsable del agua.
- Implementar herramientas e instrumentos de monitoreo sistemático y permanente del estado y dinámica del agua en cantidad y calidad.
- Construcción de indicadores de seguimiento de las condiciones de calidad y uso del recurso hídrico.

3.4 CÁLCULO Y ANÁLISIS DE INDICADORES DEL RECURSO HÍDRICO A NIVEL DE MACROCUENCA.

3.4.1 Indicador de Necesidad de Agua “Water Poverty Index – WPI”

3.4.1.1 Para qué sirve el WPI

De acuerdo con el trabajo “The Water Poverty Index: Development and application at the community scale” de C. A. Sullivan et al (2003), *“el WPI es una herramienta holística que permite medir el estrés hídrico a nivel del hogar y de la comunidad, está diseñado para ayudar a los decisores nacionales, en la comunidad y nivel del gobierno central, así como las agencias donantes, para determinar las necesidades prioritarias de las intervenciones en el sector del agua”*.

En otras palabras el WPI es una herramienta desarrollada con el fin de lograr una gestión de agua más eficaz y eficiente. Dado que este índice permite combinar y correlacionar en un sólo número variada información de tipo: físico, social, económico y ambiental; es posible determinar en el momento de la toma de decisiones, cuáles son aquellos factores más relevantes en el tema del estrés hídrico y especialmente en el impacto que tiene la escasez de agua en las poblaciones humanas.

3.4.1.2 Descripción de componentes

El índice de WPI se diseñó mediante movimientos participativos y a partir de la consulta de grupos de interés, políticos y científicos con el fin de asegurar que todos los aspectos relevantes alrededor del recurso hídrico estuvieran siendo incluidos dentro del mismo. De acuerdo con esto, durante el proceso se obtuvieron e identificaron cinco (5) componentes claves: Recurso, Acceso, Capacidad, Uso y Entorno.

En la Tabla a continuación se presenta en resumen lo que implica cada uno de los componentes mencionados anteriormente.

Tabla 3.62. Componentes del WPI

| Componente | Descripción |
|-------------------|--|
| Recurso (R) | Disponibilidad física tanto de aguas superficiales y subterráneas, teniendo en cuenta variabilidad y calidad, así como la cantidad total de agua. |
| Acceso (A) | Acceso del agua para uso humano, incluyendo la distancia a una fuente segura, tiempo requerido para la recolección. Acceso a agua para riego de cultivos o para usos industriales. |
| Capacidad (C) | Habilidad/Capacidad de las personas para hacer uso y gestión del agua. Ingresos económicos que permitan mejoras en la consecución y acceso al agua. Incluye factores como educación y salud que al interactuar con los ingresos permite indicar una capacidad para el manejo y gestión del agua. |
| Uso (U) | Diferentes usos de agua, incluidos, el uso doméstico, el agrícola y el industrial. |
| Entorno (E) | Evaluación de la integridad medioambiental en relación con los bienes y de los ecosistemas acuáticos y los servicios de los hábitats acuáticos de la zona. |

Fuente: (Sullivan, Meigh, & Giacomello, 2003)

3.4.1.3 Cálculo del WPI

El Water Poverty Index se obtiene a partir de la agregación de los resultados de los cinco componentes claves mencionados en la tabla anterior los cuales se pueden combinar de diferentes maneras.

De acuerdo con Sullivan y otros (2003) el valor del WPI se puede calcular como un promedio ponderado de los valores de cada componente. Así

$$WPI = \frac{\sum_{i=1}^N w_i X_i}{\sum_{i=1}^N w_i}$$

Donde,

- WPI:** es el índice para una locación en particular.
- X_i : se refiere al componente i del WPI en la locación en particular.
- w_i : es el peso aplicado a cada componente dentro de la fórmula.

De acuerdo con lo anterior y combinando los componentes, la expresión matemática anterior queda así:

$$WPI = \frac{w_r R + w_a A + w_c C + w_u U + w_e E}{w_r + w_a + w_c + w_u + w_e}$$

Con la condición,

$$w_r + w_a + w_c + w_u + w_e = 1$$

De igual manera, para calcular el valor de cada componente también se realiza un promedio ponderado de los indicadores (subcomponentes) tenidos en cuenta para cada componente.

Es importante tener en cuenta que cada uno de los componentes a incluir dentro de la fórmula debe estar previamente estandarizado, de manera que su valor caiga dentro de un rango de 0 a 100. Esta estandarización consiste en asignar valores a los indicadores de acuerdo a la posición que ocupan con respecto a los demás datos. De esta forma se asegura que el valor del WPI estará también en el rango de 0 a 100, donde 100 indica la mejor situación o el nivel más bajo de pobreza de agua y de manera contraria el 0.

Ahora, otra manera de agregar los resultados de los cinco componentes es presentada por (Arévalo, 2012) La propuesta de Arévalo es que el índice se calcule directamente desde los valores estandarizados de los componentes utilizando la media geométrica. De igual forma los valores de los componentes se calculan a partir de la media geométrica de los subcomponentes, así:

El valor de cada componente se calcula a partir de la media geométrica de los indicadores:

$$C_i = \sqrt[n]{Ind_1 \times Ind_2 \times \dots \times Ind_n}$$

Y a partir del valor de cada componente se calcula el WPI, expresado como

$$G_i = \sqrt[n]{Ind_{Recurso} \times Ind_{Acceso} \times Ind_{Capacidad} \times Ind_{uso} \times Ind_{entorno}}$$

Arévalo (2012) expone cómo el método de estandarización de posiciones relativas distorsionaba los resultados de los indicadores, y por lo tanto propone un método de normalización que asigna a todas las unidades de análisis valores normalizados fijos. Esto se hace estableciendo un valor mínimo y un máximo, de tal forma que los valores inferiores a un mínimo se les asigna el valor de 0, los superiores a un máximo se les asigna un valor de 1, mientras que los valores intermedios se

estandarizan a través del método de estandarización de posiciones relativas con respecto al máximo establecido.

En esta sección se utilizó el método de estandarización propuesto por Arévalo (2012). Adicionalmente se calculó el Water Poverty Index por medio de la media aritmética y la media geométrica.

3.4.1.4 Variables empleadas por componente para análisis por Macrocuenca

Como se mencionó anteriormente, cada uno de los componentes que conforman el índice WPI está compuesto por subcomponentes, los cuales se calculan usando bien sea la media aritmética y la geométrica.

A continuación se presenta para cada componente los subcomponentes que se tuvieron en cuenta para el cálculo del WPI de la Macrocuenca Caribe. Los subcomponentes se escogieron en concordancia con las variables propuestas en el informe de Arévalo (2012).

3.4.1.4.1 Recurso

El componente *Recurso* es aquel que dentro del índice WPI expresa la disponibilidad del recurso como tal, es decir la disponibilidad del agua para las diferentes necesidades o demandas de la zona evaluada. En este sentido, al igual que como se realizó en el trabajo citado, el componente (R) está conformado por cuatro variables:

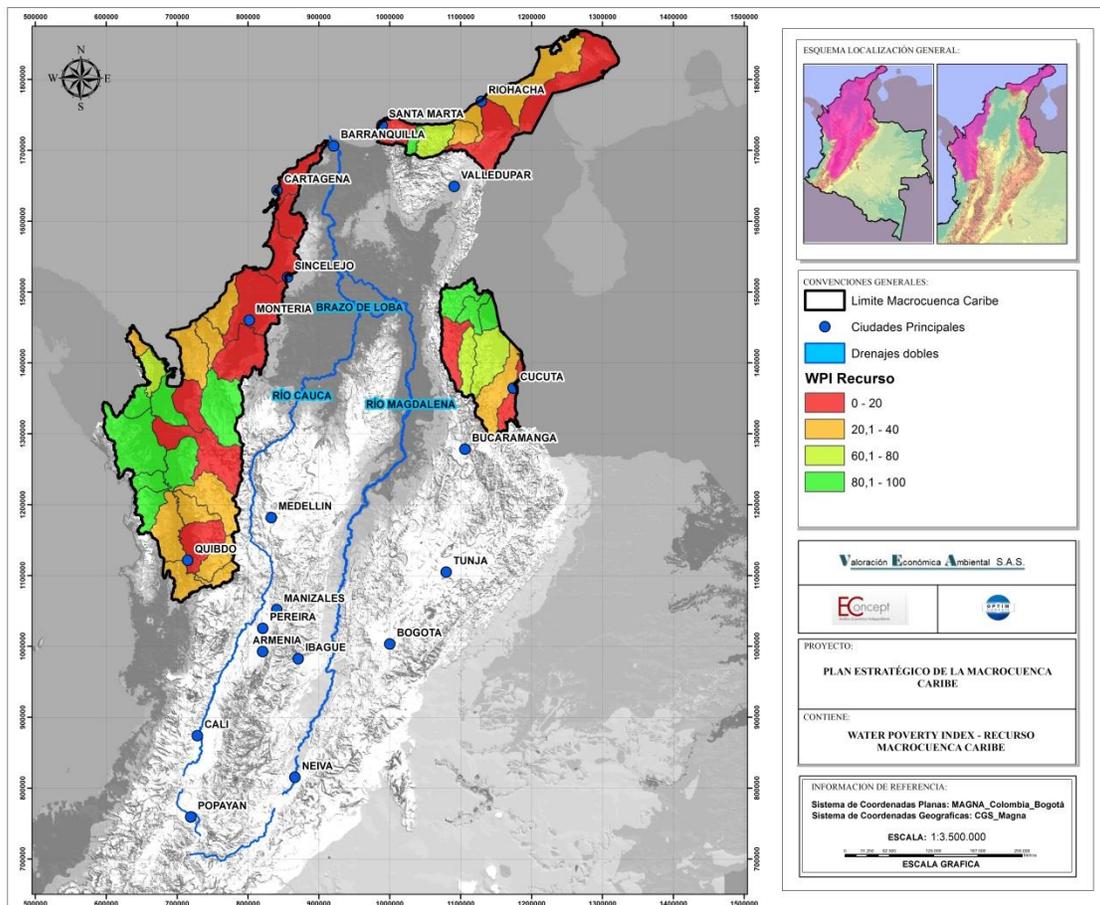
- Oferta hídrica superficial total, expresada como rendimiento hídrico ($l/s\text{-km}^2$). Esta variable se encuentra calculada por subzona hidrográfica de Colombia en el Estudio Nacional del Agua - ENA (2010).
- Carga contaminante de Sólidos Suspendidos Totales vertidos a los cuerpos de agua (Ton/Año). Esta variable se encuentra calculada por subzona hidrográfica de Colombia en el Estudio Nacional del Agua - ENA (2010).
- Carga contaminante de Demanda Bioquímica de oxígeno vertidos a los cuerpos de agua (Ton/Año). Esta variable se encuentra calculada por subzona hidrográfica de Colombia en el Estudio Nacional del Agua - ENA (2010).
- Carga contaminante de Mercurio vertida a cuerpo de agua debido a la minería de oro (Ton/Año). Esta variable se calculó a partir de la producción de minería de oro por subzona calculada a partir de datos de la UPME.

Ahora, los valores obtenidos para cada una de las variables se encuentran en unidades diferentes, por lo tanto fue necesario realizar la normalización de los datos. Esta estandarización se realizó teniendo en cuenta las recomendaciones (Arévalo, 2012) según las cuales se estableció unos valores máximo y un mínimo. Los valores límites del recurso hídrico se adoptaron del informe de Arévalo (2012), los valores límites de las cargas de SST y DQO se obtuvieron a partir de las categorías y descriptores de presión presentados en el capítulo 6 del Estudio Nacional del Agua (IDEAM, 2010) y los valores límites de la carga de mercurio se establecieron a partir de la eliminación de las colas de distribución de datos.

A continuación se presenta el mapa con el WPI correspondiente al componente de Recurso para la Macrocuenca calculado con la media geométrica, tal como se muestra a continuación

$$Ind_{Recurso} = \sqrt[4]{Ind_{Rendimiento\ h\acute{a}drico} \times Ind_{Carga\ SST} \times Ind_{Carga\ DQO} \times Ind_{mercurio}}$$

Ilustración 3.114. WPI para el componente de Recurso (R) calculado con la media geométrica



3.4.1.4.2 Acceso

Dentro del componente de Acceso (Arévalo, 2012) propone incluir la variable del acceso a agua apta para consumo humano a nivel urbano y rural. Así los subcomponentes que se tuvieron en cuenta para esta sección fueron:

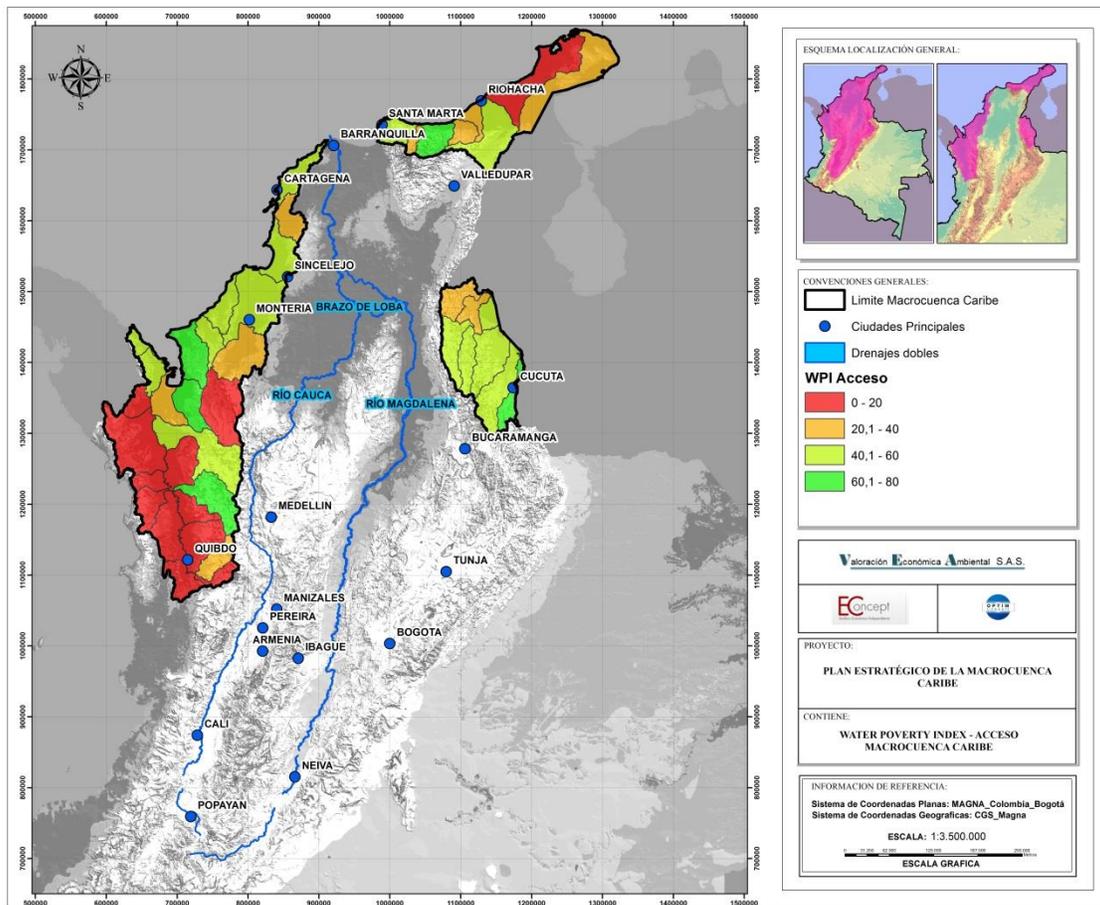
- Porcentaje de población con acceso a agua apta para consumo a nivel urbano. Esta variable se calculó a partir de dos indicadores:

- Porcentaje de cobertura de acueducto urbano, con información del DANE 2005 y completados con información del SUI 2010
- Índice de riesgo de calidad de agua potable, el cual se obtuvo a partir de datos del SUI 2010
- Porcentaje de población con acceso a agua apta para consumo a nivel rural. Este porcentaje se limitó al porcentaje de población con acueducto a nivel rural, esta información fue tomada de ECV del DANE 2005 y completados con información del SUI 2010

Dado que en este caso los valores son porcentajes no fue necesario normalizar la información procesada, además, un mayor porcentaje de población con acceso a agua potable efectivamente resulta en la situación más deseable. Así se calculó la media aritmética y geométrica para determinar el valor del componente de acceso (A).

A continuación se presenta el mapa con el WPI correspondiente al componente de Acceso para la Macrocuenca calculado con la media geométrica.

Ilustración 3.115. WPI para el componente de Acceso (A) calculado con la media geométrica



3.4.1.4.3 Capacidad

El componente de *Capacidad* – (C) se incluye en el cálculo del WPI por varias razones: (i) muestra si la región de estudio tiene un alto potencial para sobrepasar las ineficiencias alrededor del recurso hídrico en términos de disponibilidad/acceso mediante la inversión en infraestructura; (ii) mide cuán relacionadas se encuentran las variables de inaccesibilidad al agua y falta de desarrollo económico de la región; (iii) muestra la pérdida de bienestar como consecuencia de la falta de agua o el bajo acceso a agua potable para consumo humano; y finalmente (iv) muestra qué parte de los ingresos económicos de la región dependen directamente del uso del recurso hídrico (Sullivan, Meigh, & Giacomello, 2003).

Para este caso, el indicador que se tuvo en cuenta para el componente de capacidad fue la *Tasa de mortalidad infantil por EDA – Enfermedad Diarreica Aguda rural y urbana*.

La *Tasa de mortalidad infantil por EDA* es un indicador del número de personas que han muerto por diarrea respecto al número de habitantes de una región, cabe mencionar que la diarrea es una enfermedad altamente relacionada con el consumo de agua contaminada. Esta información se obtuvo para el año 2011 del Fondo de Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF) por departamento de Colombia. Al igual que para las variables antes mencionadas fue necesario realizar la zonificación adecuada por subzona, sin embargo es importante recalcar que aunque los datos no requieren normalizarse sí se debe tener en cuenta que a mayor tasa o porcentaje menor debe ser el puntaje empleado para el cálculo del WPI. En otras palabras a mayores muertes por consumo de agua contaminada mayor es la pérdida de bienestar y son peores las condiciones de riqueza de agua.

3.4.1.4.4 Uso

De acuerdo a Sullivan y otros (2013), el componente de *Uso* (U) pretende mostrar el nivel de uso de agua por tipo. Según Arévalo (2012) se debe tener en cuenta indicadores para la demanda de agua para uso agropecuario, industrial y energético. En este sentido se utilizaron los siguientes subcomponentes:

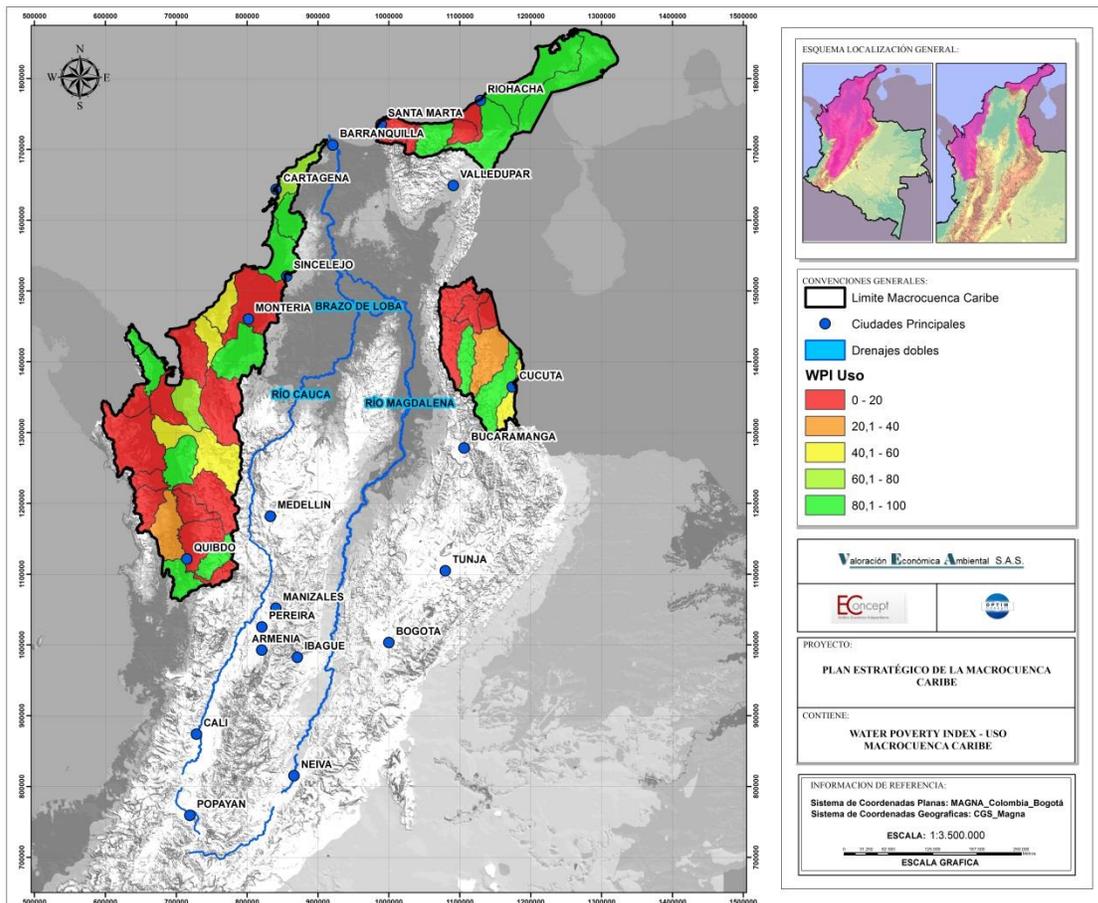
- PIB del sector agropecuario/Volumen de agua captado por el sector agrícola.
El valor del PIB agropecuario se obtuvo a partir de datos del (DANE) y se distribuyó por subzona hidrográfica proporcionalmente a las áreas agropecuarias, mientras que la demanda agropecuaria de agua se obtuvo a partir de datos del INCODER (SIG, 2011).
- PIB del sector industrial/Volumen de agua captado por el sector industrial.
El valor del PIB industrial se obtuvo a partir de datos de (DANE, 2005) y (DNP), mientras la demanda de agua del sector está disponible en el Estudio Nacional del Agua- ENA (IDEAM, 2010)
- PIB del sector energético/Volumen de agua captado por el sector energético
El valor del PIB energético se obtuvo a partir de datos de (DANE), y se distribuyó por los niveles de producción energética de cada subzona, mientras que la demanda de agua

captada por el sector energético se obtuvo del Estudio Nacional del Agua- ENA (IDEAM, 2010)

Debido a que el indicador creado queda en unidades de millones de pesos/metros cúbico fue necesario realizar la normalización de los datos para ser empleados dentro del cálculo del índice del WPI. Esta normalización se realizó teniendo en cuenta las recomendaciones de (Arévalo, 2012) , así se adaptaron un valor máximo y mínimo, de tal manera que los inferiores al mínimo tomaron el valor del cero, los mayores al máximo tomaron el valor de 1 y los valores intermedios se ajustaron por medio de una regresión lineal.

A continuación se presenta el mapa con el WPI correspondiente al componente de Uso para la Macrocuenca calculado con la media geométrica.

Ilustración 3.116. WPI para el componente de Uso (U) calculado con la media geométrica



3.4.1.4.5 Entorno

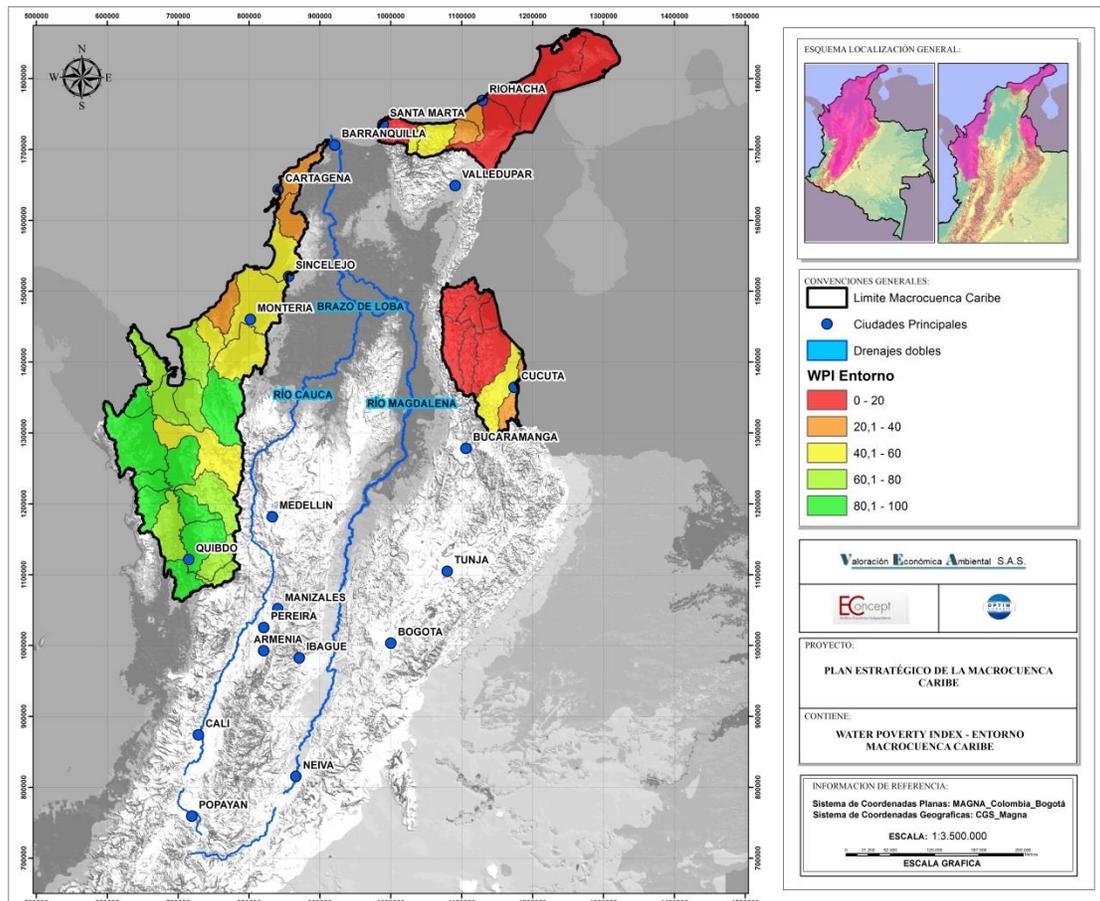
El componente de *Entorno* (E) representa una medida del estado del medio ambiente de las regiones de interés. En este caso se tuvieron en cuenta los mismos subcomponentes propuestos por (Arévalo, 2012):

- Porcentaje de área de la subzona que corresponde a ecosistemas reguladores del recurso hídrico, tales como páramos, humedales, bosques naturales, glaciares y nieves). Esta información se obtuvo a partir del mapa de coberturas IDEAM-IGAC “Corine Land Cover 2007-2009”
- Porcentaje de área de la subzona que corresponde a áreas degradadas por erosión. Esta información se obtuvo a partir de la información del IGAC disponible en el (SIGOT, 2010).

En este caso no resulta necesario estandarizar los valores debido a que son porcentajes, sin embargo si se debe tener en cuenta que en el caso de los ecosistemas reguladores entre mayor el porcentaje mejor la situación, mientras que en el caso de la erosión a menor porcentaje mejora la situación.

A continuación se presenta el mapa con el WPI correspondiente al componente de Entorno para la Macrocuenca calculado con la media geométrica.

Ilustración 3.117. WPI para el componente de Entorno (E) calculado con la media geométrica



3.4.1.5 Resultados

A partir de la definición de cada una de las variables que conforman los cinco componentes del índice es posible calcular el WPI para cada una de las subzonas y luego el WPI para la Macrocuena Caribe. En este sentido, primero se agregaron los subcomponentes para obtener los componentes y luego se agregaron los componentes para obtener el índice finalmente. Tal como se mencionó anteriormente, el cálculo se realizó con la media aritmética y la media geométrica.

En el caso de la media aritmética, la ecuación que representa el cálculo final es la siguiente:

$$WPI = \sum_{i=1}^{N_1} w_i R_i + \sum_{i=1}^{N_2} w_i A_i + \sum_{i=1}^{N_3} w_i C_i + \sum_{i=1}^{N_4} w_i U_i + \sum_{i=1}^{N_5} w_i E_i$$

Donde,

WPI: es el índice para una locación en particular.

R_i : son los subcomponentes del componente *Recurso*

A_i : son los subcomponentes del componente *Acceso*

C_i : son los subcomponentes del componente *Capacidad*

U_i : son los subcomponentes del componente *Uso*

E_i : son los subcomponentes del componente *Entorno*

N_1 : número total de subcomponentes que conforman el componente *Recurso*

N_2 : número total de subcomponentes que conforman el componente *Acceso*

N_3 : número total de subcomponentes que conforman el componente *Capacidad*

N_4 : número total de subcomponentes que conforman el componente *Uso*

N_5 : número total de subcomponentes que conforman el componente *Entorno*

w_i : es el peso aplicado a cada subcomponente

En el caso de la media geométrica, la ecuación que representa el cálculo final es la siguiente:

$$WPI = \sqrt[n]{Ind_{Recurso} \times Ind_{Acceso} \times Ind_{Capacidad} \times Ind_{uso} \times Ind_{entorno}}$$

Los indicadores para cada componente también se obtienen a partir de la media geométrica de sus subcomponentes, por ejemplo en el caso del componente Recurso (R):

$$Ind_{Recurso} = \sqrt[4]{Ind_{Rendimiento\ hídrico} \times Ind_{Carga\ SST} \times Ind_{Carga\ DQO} \times Ind_{mercurio}}$$

A continuación se presentan las tablas con los componentes y el índice del WPI calculado por subzona para la Macrocuenca Caribe, por medio de la media aritmética y la media geométrica.

Tabla 3.63. WPI por subzona calculado con media aritmética

| ZONA | SZH | NOMBRE SUBZONA | RECURSO | ACCESO | CAPACIDAD | USO | ENTORNO | WPI |
|---------|---------|---|----------------------------|--------|-----------|------|---------|------|
| URABÁ | 1101 | Río Andágueda | 72,9 | 21,1 | 91,5 | 0,0 | 72,7 | 51,6 |
| | 1102 | Alto Atrato | 72,9 | 33,3 | 86,6 | 0,0 | 75,5 | 53,6 |
| | 1103 | Río Quito | 64,1 | 7,8 | 72,8 | 0,0 | 85,7 | 46,1 |
| | 1104 | Río Bebaramá y otros Directos Atrato | 25,0 | 5,1 | 86,4 | 0,0 | 91,8 | 41,7 |
| | 1105 | Directos Atrato (mi) | 73,1 | 0,9 | 86,4 | 0,0 | 75,9 | 47,3 |
| | 1107 | Río Murrí | 54,9 | 76,7 | 98,4 | 0,0 | 62,6 | 58,5 |
| | 1110 | Río Murindó - Directos al Atrato | 99,4 | 3,1 | 92,4 | 0,0 | 87,0 | 56,4 |
| | 1111 | Río Sucio | 29,0 | 63,7 | 94,4 | 12,2 | 48,0 | 49,5 |
| | 1115 | Río Tanela y otros Directos al Caribe | 81,0 | 38,4 | 86,4 | 0,0 | 65,1 | 54,2 |
| | 1116 | Río Tolo y otros Directos al Caribe | 60,5 | 40,9 | 72,8 | 0,0 | 69,6 | 48,8 |
| | 1201 | Río León | 23,9 | 69,5 | 0,0 | 0,0 | 45,8 | 27,8 |
| | 1202 | Río Mulatos | 45,5 | 72,1 | 0,0 | 0,0 | 48,9 | 33,3 |
| | 1203 | Río San Juan | 61,3 | 69,4 | 98,4 | 0,0 | 27,5 | 51,3 |
| | 1204 | Río Canalete y otros Arroyos Directos al Caribe | 50,9 | 66,8 | 98,6 | 0,0 | 18,2 | 46,9 |
| | 1302 | Medio Sinú | 28,2 | 36,7 | 98,6 | 0,0 | 26,0 | 37,9 |
| | 1303 | Bajo Sinú | 1,3 | 68,1 | 99,1 | 0,0 | 27,1 | 39,1 |
| | 1309 | Directos Caribe Golfo de Morrosquillo | 26,6 | 37,4 | 0,0 | 0,0 | 30,1 | 18,8 |
| | 1310 | María la Baja | 25,0 | 20,5 | 0,0 | 0,0 | 29,8 | 15,1 |
| | LITORAL | 1401 | Arroyos Directos al Caribe | 0,0 | 56,5 | 98,4 | 100,0 | 22,1 |
| GUAJIRA | 1501 | Río Guachaca -Río Piedras - Río Manzanares | 32,9 | 68,6 | 92,2 | 0,0 | 26,7 | 44,1 |
| | 1503 | Río Ancho y Otros Directos al Caribe | 83,4 | 45,9 | 96,4 | 0,0 | 44,4 | 54,0 |
| | 1506 | Río Ranchería | 25,0 | 70,8 | 88,7 | 0,0 | 15,3 | 39,9 |

| | | | | | | | | |
|-----------|------|--|------|------|------|-----|------|------|
| | 1507 | Directos Caribe - Ay.Sharimahana Alta Guajira | 54,8 | 19,7 | 88,7 | 0,0 | 9,9 | 34,6 |
| | 1508 | Río Carraipía - Paraguachón, Directos al Golfo Maracaibo | 29,2 | 51,6 | 88,7 | 0,0 | 5,5 | 35,0 |
| CATATUMBO | 1601 | Río Pamplonita | 30,2 | 80,1 | 92,2 | 0,0 | 23,4 | 45,2 |
| | 1602 | Río Zulia | 45,9 | 42,1 | 96,1 | 0,0 | 34,3 | 43,7 |
| | 1603 | Río Nuevo Presidente - Tres Bocas (Sardinata, Tibú) | 66,6 | 42,4 | 92,2 | 0,0 | 25,4 | 45,3 |
| | 1604 | Río Tarra | 81,4 | 39,5 | 92,2 | 0,0 | 17,0 | 46,0 |
| | 1605 | Río Algodonal (Alto Catatumbo) | 33,2 | 71,0 | 96,1 | 0,0 | 14,2 | 42,9 |

Tabla 3.64. WPI por subzona calculado con media geométrica

| ZONA | SZH | NOMBRE SUBZONA | RECURSO | ACCESO | CAPACIDAD | USO | ENTORNO | WPI |
|-------|---------|---|----------------------------|--------|-----------|-------|---------|------|
| URABÁ | 1101 | Río Andágueda | 30,9 | 19,0 | 91,5 | 1,0 | 65,2 | 20,4 |
| | 1102 | Alto Atrato | 30,9 | 29,1 | 86,6 | 100,0 | 75,5 | 56,7 |
| | 1103 | Río Quito | 28,0 | 4,7 | 72,8 | 100,0 | 85,8 | 38,3 |
| | 1104 | Río Bebaramá y otros Directos Atrato | 3,2 | 6,1 | 86,4 | 13,8 | 98,6 | 18,7 |
| | 1105 | Directos Atrato (mi) | 31,0 | 0,4 | 86,4 | 37,9 | 64,1 | 18,8 |
| | 1107 | Río Murrí | 25,0 | 68,7 | 98,4 | 2,7 | 62,9 | 31,1 |
| | 1110 | Río Murindó - Directos al Atrato | 99,4 | 4,6 | 92,4 | 100,0 | 99,5 | 53,1 |
| | 1111 | Río Sucio | 14,3 | 58,5 | 94,4 | 41,2 | 49,2 | 43,8 |
| | 1115 | Río Tanela y otros Directos al Caribe | 77,1 | 53,1 | 86,4 | 93,5 | 79,9 | 76,6 |
| | 1116 | Río Tolo y otros Directos al Caribe | 26,0 | 55,0 | 72,8 | 100,0 | 78,9 | 60,7 |
| | 1201 | Río León | 6,5 | 61,7 | 0,0 | 77,8 | 66,8 | 38,0 |
| | 1202 | Río Mulatos | 37,1 | 60,6 | 0,0 | 14,8 | 69,4 | 39,0 |
| | 1203 | Río San Juan | 27,0 | 54,0 | 98,4 | 54,1 | 49,9 | 52,2 |
| | 1204 | Río Canaleta y otros Arroyos Directos al Caribe | 23,1 | 49,7 | 98,6 | 47,7 | 35,1 | 45,2 |
| | 1302 | Medio Sinú | 7,5 | 39,3 | 98,6 | 100,0 | 45,7 | 42,1 |
| | 1303 | Bajo Sinú | 1,5 | 54,1 | 99,1 | 17,0 | 46,2 | 22,9 |
| | 1309 | Directos Caribe Golfo de Morrosquillo | 5,6 | 54,4 | 0,0 | 100,0 | 46,1 | 34,5 |
| | 1310 | María la Baja | 3,2 | 30,0 | 0,0 | 81,0 | 38,5 | 23,3 |
| | LITORAL | 1401 | Arroyos Directos al Caribe | 1,0 | 46,9 | 98,4 | 77,0 | 32,3 |

| | | | | | | | | |
|-----------|------|--|------|------|------|-------|------|------|
| GUAJIRA | 1501 | Río Guachaca -Río Piedras - Río Manzanares | 7,8 | 58,5 | 92,2 | 15,1 | 15,8 | 25,1 |
| | 1503 | Río Ancho y Otros Directos al Caribe | 76,9 | 64,6 | 96,4 | 100,0 | 52,6 | 75,9 |
| | 1506 | Río Ranchería | 3,2 | 58,6 | 88,7 | 100,0 | 19,3 | 31,6 |
| | 1507 | Directos Caribe - Ay.Sharimahana Alta Guajira | 24,4 | 3,0 | 88,7 | 100,0 | 15,9 | 25,2 |
| | 1508 | Río Carraipía - Paraguachón, Directos al Golfo Maracaibo | 6,4 | 25,2 | 88,7 | 100,0 | 2,7 | 20,8 |
| CATATUMBO | 1601 | Río Pamplonita | 6,8 | 74,7 | 92,2 | 45,0 | 24,8 | 34,9 |
| | 1602 | Río Zulia | 37,8 | 54,6 | 96,1 | 92,3 | 40,9 | 59,5 |
| | 1603 | Río Nuevo Presidente - Tres Bocas (Sardinata, Tibú) | 64,1 | 53,0 | 92,2 | 36,8 | 10,4 | 41,2 |
| | 1604 | Río Tarra | 75,0 | 44,7 | 92,2 | 100,0 | 9,9 | 49,8 |
| | 1605 | Río Algodonal (Alto Catatumbo) | 7,6 | 59,3 | 96,1 | 10,4 | 7,6 | 20,3 |

Como se observa, el cálculo del WPI se realizó por subzona de la Macrocuena, a partir de dicha información es posible determinar el WPI por zona y finalmente para toda la Macrocuena. Para llevar a cabo un buen análisis de resultados, el índice fue calculado mediante: promedio, y desviación estándar. Los resultados obtenidos se listan enseguida.

Tabla 3.65. Valores promedio y desviación estándar por zonas

| Zona | WPI con media Geométrica | | WPI con media Aritmética | |
|-------------------------|--------------------------|---------------------|--------------------------|---------------------|
| | Promedio | Desviación Estándar | Promedio | Desviación Estándar |
| Urabá | 39,7 | 16,1 | 43,2 | 12,5 |
| Litoral | 25,8 | 0,0 | 55,4 | 0,0 |
| Guajira | 35,7 | 22,8 | 41,5 | 8,0 |
| Catatumbo | 41,1 | 14,9 | 44,6 | 1,3 |
| <i>Total Macrocuena</i> | 38,8 | 16,5 | 43,6 | 10,5 |

Los mapas con el índice de WPI calculado de las 42 subzonas que componen la Macrocuena Caribe se presentan enseguida.

Ilustración 3.118. Water Poverty Index Macrocuena Caribe calculado con media aritmética

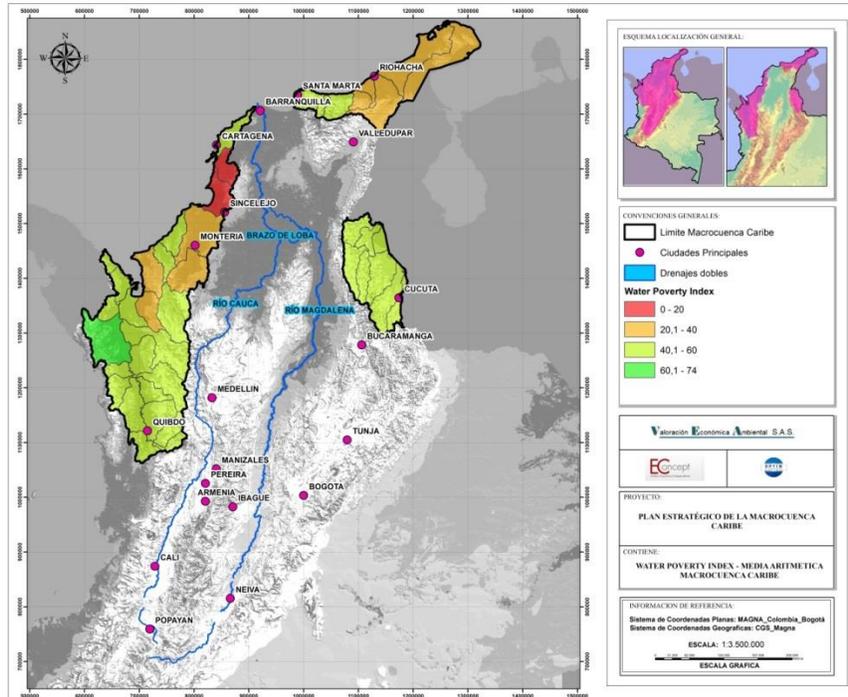
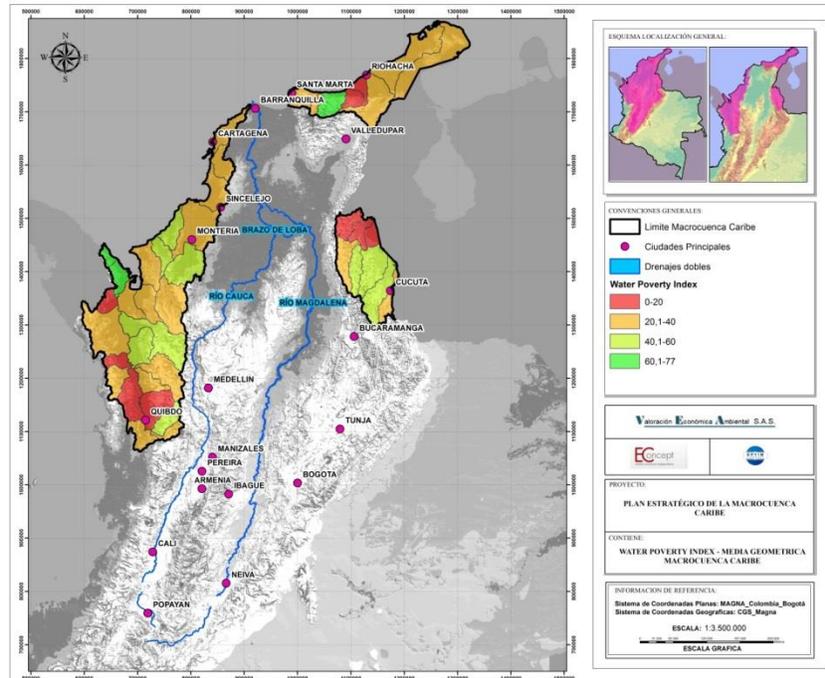


Ilustración 3.119. Water Poverty Index Macrocuena Caribe calculado con media geométrica

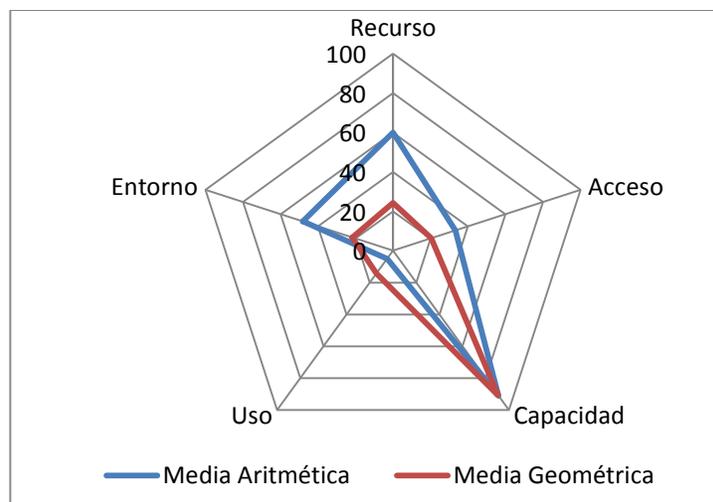


3.4.1.6 Análisis de resultados y conclusiones

A partir de los resultados antes presentados se observa que el valor del WPI varía de manera significativa dependiendo si se realiza el cálculo con la media aritmética o con la media geométrica. Esto tiene que ver con la manera como se agregan los componentes del WPI. En el caso de la media aritmética los valores altos y bajos se compensan entre sí, mientras que al usar la media geométrica esto no sucede, por lo que para que un componente tenga un buen resultado, todos sus indicadores deben tener valores altos (Arévalo, 2012). Por esta razón se observa que los resultados del WPI obtenidos con la media geométrica resultan en general más conservadores, lo cual se ve reflejado en un mayor número de subzonas con un índice WPI muy bajo (Color rojo en el mapa).

Las gráficas a continuación presentan información de los 5 componentes del WPI obtenido para la Macrocuenca. Para una adecuada toma de decisiones frente a las necesidades y carencias relacionadas con el recurso hídrico, este tipo de esquemas “pentagrama” permite observar de manera muy clara y evidente aquellos sectores más relevantes y sobre los cuales debe prestarse mayor atención.

Ilustración 3.120. Diagrama pentagrama de los componentes del WPI calculados



Fuente: UT macrocuencas

Del pentagrama de la Macrocuenca resalta la necesidad de mejora en las condiciones de *Uso*, *entorno* y *acceso* del agua en la región. Con respecto a la variable de *USO* que presenta un valor muy bajo, resulta importante evidenciar que este indicador de PIB sobre volumen de agua no genera resultados claros en cuanto a una eficiencia en el consumo de agua medida por el valor de los productos generados (Arévalo, 2012), así que es necesario reconsiderar que otros subcomponente se podrían tener en cuenta para calcular el WPI por uso. En cuanto al componente de *Entorno*, se observa que el valor es muy bajo, esto tiene relación sobre todo con la manera cómo se calculó este índice, ya que se compone con base en las áreas reguladoras y las tierras degradadas, y este porcentaje de área puede que no represente de la mejor manera el estado del medio ambiente de interés. En este sentido se identifica que una mejor aproximación para la variable se entorno sería el *Índice de Regulación Hídrica – IRH*, la cual es la capacidad de retención de humedad de la cuenca (IDEAM, 2010). Ahora, la variable de acceso es muy baja para todas las subzonas, lo que tiene mucho sentido debido a que en varias zonas del Caribe el acceso al agua potable es muy bajo, sobre todo en las zonas rurales.

En conclusión, se observa que los resultados del WPI aunque son muy diversos para todas las subzonas de la Macrocuenca, se agrupan sobre todo en los valores más bajos 0-40 (Colores rojo y naranja) en los mapas. Esto llama la atención sobre la necesidad de hacer usos más eficientes del agua disponible, sobre todo en estas subzonas donde el acceso al agua potable es muy limitado.

3.4.2 Índice del Uso del Agua IUA

Es la cantidad de agua utilizada por diferentes usuarios, en un periodo determinado, y su relación con la oferta hídrica superficial disponible. La Macrocuenca Caribe puede presentar exceso o carencia del recurso hídrico para satisfacer sus necesidades y garantizar un buen funcionamiento entre ecosistemas y asentamientos humanos. La limitación a la capacidad para satisfacer la demanda hídrica influye de manera directa en la degradación de ecosistemas y calidad de vida de la población. Por ello, es necesario atender aquellas cuencas con mayor presión sobre el recurso

hídrico, a través de estrategias integrales para restablecer equilibrio en el funcionamiento del sistema.

Este factor está asociado con determinantes de riesgo y vulnerabilidad del recurso hídrico en escenarios de fenómenos extremos y abastecimiento de agua potable (IDEAM, 2010).

$$IUA_{ij} = \left(\frac{Dh_{ij}}{Oh * Fa_{ij}} \right) * 100$$

Dónde:

IUA_{ij} : Índice de uso de agua de la subzona i en el año j

Fa_{ij} : Factor de ajuste de la oferta de la subzona i en el año j

Oh : Oferta hídrica superficial disponible (Se calcula la diferencia entre el volumen total de agua superficial y el volumen de agua correspondiente al caudal ambiental).

Dh_{ij} : Demanda hídrica sectorial de la subzona i en el año j .

$Dh = \sum$ (volumen de agua extraída para usos sectoriales en un período determinado).

$$Dh = C_{ss} + C_{si} + C_{sd} + C_{sa}$$

Dónde

C_{ss} : Consumo del sector servicios

C_{si} : Consumo del sector industrial

C_{sd} : Consumo del sector doméstico

C_{sa} : Consumo del sector agrícola

Se proyecta la demanda y oferta del agua para el cálculo del índice. La demanda se compone de cuatro sectores; Servicios, Industrial, Doméstico y Agrícola. Mientras que para la oferta hídrica superficial disponible es necesario calcular un factor de ajuste, que depende del índice de calidad del agua (ICA) y de la inversión en potabilización. El ICA determina las condiciones fisicoquímicas generales de la calidad de un cuerpo de agua reconociendo problemas de contaminación, para un intervalo de tiempo específico (IDEAM, 2010). La tabla siguiente muestra los valores de dicho factor:

Tabla 3.66: Factor de ajuste para la proyección de la oferta según valores de ICA e inversión en potabilización.

| ICA (%) | Calidad | Inversión en Potabilización | | |
|---------|-----------|-----------------------------|-------|------|
| | | Alta | Media | Baja |
| 90-100 | Excelente | 1 | 1 | 1 |
| 70-90 | Buena | 1 | 1 | 0,8 |
| 50-70 | Regular | 1 | 0,5 | 0 |
| 25-50 | Mala | 1 | 0,3 | 0 |
| 0-25 | Muy mala | 0,97 | 0 | 0 |

Fuente: Cálculos UT Macrocuencas

El valor de 1 para este factor corresponde a la posibilidad de tener acceso a agua de calidad; El agua puede tener una potabilización baja, pero la calidad inicial es excelente; o alta potabilización y calidad; finalmente podría ser un ICA deficiente, pero gracias a la alta potabilización el recurso es accesible.

Los rangos a partir de los cuales se determinan las diferentes categorías del IUA, se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 3.67. Categorías del Índice de Uso del Agua.

| Rango (Dh/Oh)*100 IUA | Categoría IUA | Significado |
|-----------------------|---------------|--|
| >50 | Muy alto | La presión de la demanda es muy alta con respecto a la oferta disponible |
| 20.01 - 50 | Alto | La presión de la demanda es alta con respecto a la oferta disponible |
| 10.01 - 20 | Moderado | La presión de la demanda es moderada con respecto a la oferta disponible |
| 1 - 10 | Bajo | La presión de la demanda es baja con respecto a la oferta disponible |
| ≤ 1 | Muy bajo | La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible |

Fuente: (IDEAM, 2010)

Con base en la información anterior, se calcula el IUA para las subzonas de la Macrocuena. En las siguientes tablas se muestran los cambios de categorías de las subzonas entre el año 2012 y 2050.

3.4.2.1 Catatumbo

En la siguiente tabla se presentan los cambios de IUA para la zona del Catatumbo.

Tabla 3.68. Número de subzonas según categoría IUA para el año 2012 y el 2050 - Catatumbo

| | | 2050 | | | | | Total |
|------|----------|----------|------|----------|------|----------|-------|
| | | Muy Bajo | Bajo | Moderado | Alto | Muy Alto | |
| 2012 | Muy Bajo | | | | | | 0 |
| | Bajo | | 4 | 2 | | | 6 |

| | | 2050 | | | | | |
|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | Muy Bajo | Bajo | Moderado | Alto | Muy Alto | Total |
| | Moderado | | | | | | 0 |
| | Alto | | | | 1 | | 1 |
| | Muy Alto | | | | | 1 | 1 |
| Total | | 0 | 4 | 2 | 1 | 1 | 8 |

Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de (IDEAM, 2010)

Se observa que de las 8 subzonas del Catatumbo, el 50% va a tener un IUA bajo. Sin embargo, dos subzonas van a tener categorías Alta y Muy Alta respectivamente.

3.4.2.2 Guajira

Para la zona de la Guajira, la siguiente tabla muestra que 3 subzonas van a estar en categoría Muy Alta, 3 en categoría Baja y las otras 2 subzonas en Moderada y Alta.

Tabla 3.69. Número de subzonas según categoría IUA para el año 2012 y el 2050- Guajira

| | | 2050 | | | | | |
|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | Muy Bajo | Bajo | Moderado | Alto | Muy Alto | Total |
| 2012 | Muy Bajo | | | | | | 0 |
| | Bajo | | 3 | 1 | | | 4 |
| | Moderado | | | | | 1 | 1 |
| | Alto | | | | 1 | | 1 |
| | Muy Alto | | | | | 2 | 2 |
| Total | | 0 | 3 | 1 | 1 | 3 | 8 |

Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de (IDEAM, 2010)

3.4.2.3 Litoral

En la zona de Litoral se observa que la situación actual es crítica debido a que ya se encuentran en categoría de uso Muy Alto.

Tabla 3.70. Número de subzonas según categoría IUA para el año 2012 y el 2050- Litoral

| | | 2050 | | | | | |
|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | Muy Bajo | Bajo | Moderado | Alto | Muy Alto | Total |
| 2012 | Muy Bajo | | | | | | 0 |
| | Bajo | | | | | | 0 |
| | Moderado | | | | | | 0 |
| | Alto | | | | | | 0 |
| | Muy Alto | | | | | 3 | 3 |
| Total | | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 |

Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de (IDEAM, 2010)

3.4.2.4 Urabá

De otra parte, la zona de Urabá tiene 14 de 23 subzonas en categoría Muy Baja, lo cual es un buen indicador para el análisis de ésta zona.

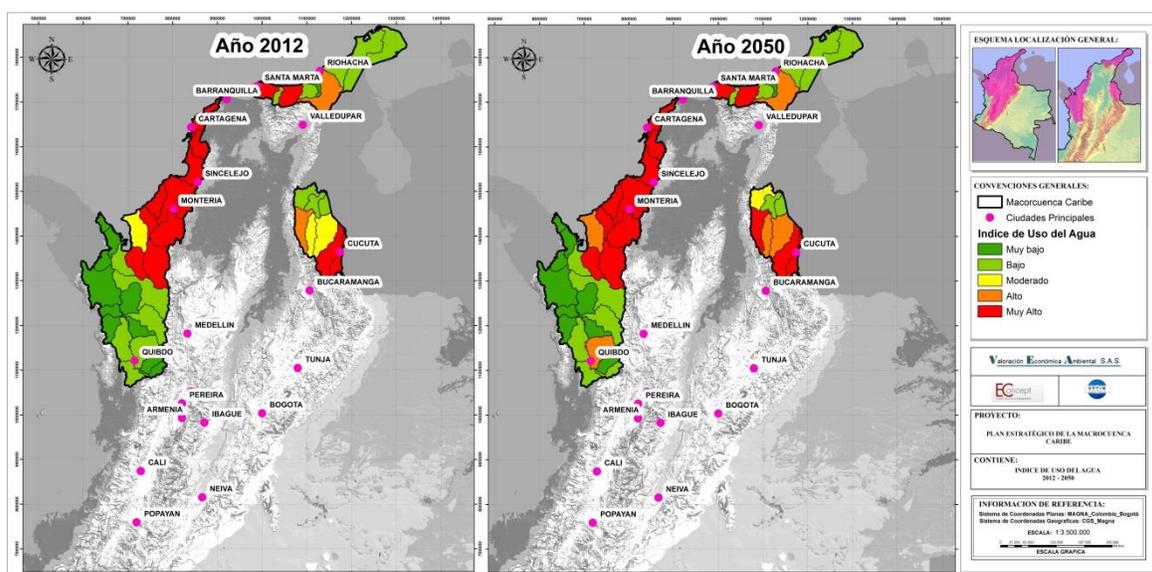
Tabla 3.71. Número de subzonas según categoría IUA para el año 2012 y el 2050- Urabá

| | | 2050 | | | | | |
|--------------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| | | Muy Bajo | Bajo | Moderado | Alto | Muy Alto | Total |
| 2012 | Muy Bajo | 14 | 1 | | | | 15 |
| | Bajo | | 3 | 1 | | | 4 |
| | Moderado | | | | 1 | | 1 |
| | Alto | | | | 1 | | 1 |
| | Muy Alto | | | | | 2 | 2 |
| Total | | 14 | 4 | 1 | 2 | 2 | 23 |

Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de (IDEAM, 2010)

En la siguiente ilustración se observa gráficamente la información presentada anteriormente.

Ilustración 3.121. Proyecciones del Índice de Uso del Agua IUA.



Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de (IDEAM, 2010)

Como conclusión de la ilustración anterior y las tablas presentadas previamente, se muestra el balance general de las 42 subzonas de la Macrocuenca.

Tabla 3.72. Número de subzonas según categoría IUA para el año 2012 y el 2050 Macrocuenca Caribe

| | | 2050 | | | | | |
|--------------|----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|
| | | Muy Bajo | Bajo | Moderado | Alto | Muy Alto | Total |
| 2012 | Muy Bajo | 14 | 1 | | | | 15 |
| | Bajo | | 10 | 4 | | | 14 |
| | Moderado | | | | 1 | 1 | 2 |
| | Alto | | | | 3 | | 3 |
| | Muy Alto | | | | | 8 | 8 |
| Total | | 14 | 11 | 4 | 4 | 9 | 42 |

Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de (IDEAM, 2010)

Tabla 3.73. Cambios de presión por sector en las subzonas con mayor IUA.

| Zona | Subzona Hidrográfica | Categoría IUA | Sector | |
|-----------|--|---------------|-------------|-------------|
| | | | 2012 | 2050 |
| Litoral | Arroyos Directos al Caribe | Muy Alto | Agricultura | Industria |
| Catatumbo | Río Pamplonita | Muy Alto | Agricultura | Industria |
| Litoral | María la Baja | Muy Alto | Agricultura | Agricultura |
| Guajira | Río Carraipía - Paraguachón, Directos al Golfo Maracaibo | Muy Alto | Doméstico | Doméstico |
| Litoral | Directos Caribe Golfo de Morrosquillo | Muy Alto | Agricultura | Agricultura |

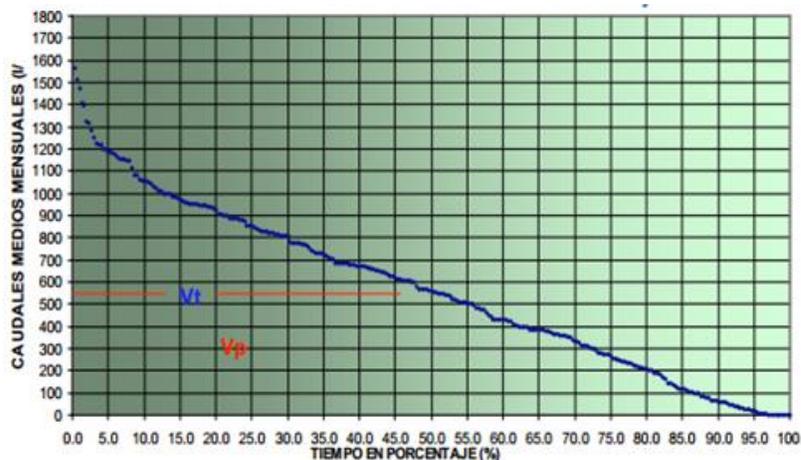
Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de (IDEAM, 2010)

Lo anterior es consistente con los crecimientos esperados para los diferentes sectores según el análisis de proyección realizado previamente, en el cual se observa que el sector agropecuario perderá participación respecto al sector industrial, como se presenta en los casos de las subzonas de Arroyos Directos al Caribe y Río Pamplonita.

3.4.3 Índice de Regulación y Retención Hídrica IRH

Este índice evalúa la capacidad de retención de humedad de las cuencas con base en la distribución de las series de frecuencias acumuladas de los caudales diarios, producto de la interacción de las condiciones climáticas y las características físicas y morfométricas de la cuenca. Este índice se mueve en el rango entre 0 y 1, y los valores más bajos son los que se interpretan como de menor regulación. El ENA 2010 utiliza caudales medios diarios de series históricas mayores de 15 años, para la obtención de los datos, los cuales se actualizan cada 4 años para determinadas estaciones.

Ilustración 3.122: Curva de duración de caudales medios-Playa Rica



Fuente: (IDEAM, 2010)

Su estimación resulta de la relación entre el volumen representado por el área que se encuentra por debajo de la línea del caudal medio y el correspondiente área total bajo la curva de duración de caudales diarios (IDEAM, 2010).

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

Dónde:

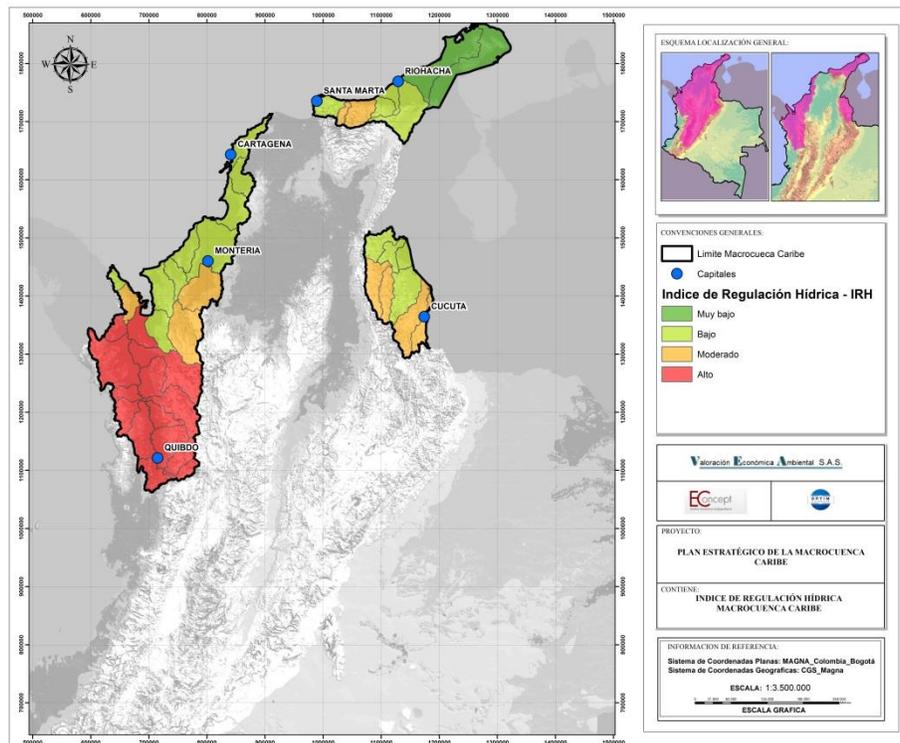
IRH: Índice de retención y regulación hídrica

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

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

Para el análisis de la capacidad de retención de humedad y la capacidad de la Macrocuenca Caribe para mantener un régimen de caudales, se realizó el cálculo respectivo a partir de los datos obtenidos de la ENA 2010. La categorización del IRH en la Macrocuenca se observa en la siguiente ilustración.

Ilustración 3.123. Subzonas según IRH - Macrocuenca Caribe



Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de ENA, 2010

Como se observa, en la ilustración anterior, la zona de Urabá es la única en toda la Macrocuenca que presenta un índice alto de IRH, lo cual es buen indicador para el análisis de la regulación hídrica de esta zona.

En la siguiente tabla se observan las subzonas con los menores valores de IRH.

Tabla 3.74. . Subzonas con categoría Bajo o Muy Bajo de IRH- Macrocuenca Caribe

| Zona | Subzona Hidrológica | IRH | Categoría IRH |
|-----------|--|-----|---------------|
| Urabá | Río Tolo y otros Directos al Caribe | 62 | Bajo |
| Urabá | Río León | 57 | Bajo |
| Urabá | Río Mulatos | 54 | Bajo |
| Urabá | Río San Juan | 56 | Bajo |
| Urabá | Río Canalete y otros Arroyos Directos al Caribe | 58 | Bajo |
| Urabá | Bajo Sinú | 63 | Bajo |
| Litoral | Directos Caribe Golfo de Morrosquillo | 62 | Bajo |
| Litoral | Maria la Baja | 61 | Bajo |
| Litoral | Arroyos Directos al Caribe | 60 | Bajo |
| Guajira | Río Guachaca -Río Piedras - Río Manzanares | 60 | Bajo |
| Guajira | Río Tapias | 55 | Bajo |
| Guajira | Río Camarones y otros directos Caribe | 51 | Bajo |
| Guajira | Río Ranchería | 50 | Bajo |
| Guajira | Directos Caribe - Ay.Sharimahana Alta Guajira | 45 | Muy bajo |
| Guajira | Río Carraipía - Paraguachón, Directos al Golfo Maracaibo | 45 | Muy bajo |
| Catatumbo | Río Nuevo Presidente - Tres Bocas (Sardinata, Tibú) | 64 | Bajo |
| Catatumbo | Río Socuavo del Norte y Río Socuavo Sur | 64 | Bajo |
| Catatumbo | Bajo Catatumbo | 63 | Bajo |
| Catatumbo | Río del Suroeste y directos Río de Oro | 56 | Bajo |

Teniendo en cuenta la tabla anterior se evidencia que las subzonas correspondientes al Directos Caribe - Ay.Sharimahana Alta Guajira y Río Carraipía - Paraguachón, Directos al Golfo Maracaibo cuentan con los menores índices de retención y regulación de la Macrocuenca.

3.4.4 Índice de Vulnerabilidad al Desabastecimiento IVH

El índice de vulnerabilidad hídrica al desabastecimiento (IVH), es el grado de fragilidad del sistema hídrico para mantener una oferta de abastecimiento de agua, es decir demuestra la alerta sobre la amenaza al desabastecimiento del recurso hídrico. El criterio utilizado es a mayor índice de vulnerabilidad hídrica, mayor prioridad (IDEAM, 2010). Para la estimación de éste índice se requiere la obtención previa del Índice del uso del agua (IUA) e Índice de regulación hídrica (IRH).

Este índice se determina a través de una matriz de relación de rangos del índice de regulación hídrica (IRH) y el índice de uso de agua (IUA). Las categorías de éste índice se presentan en la siguiente tabla:

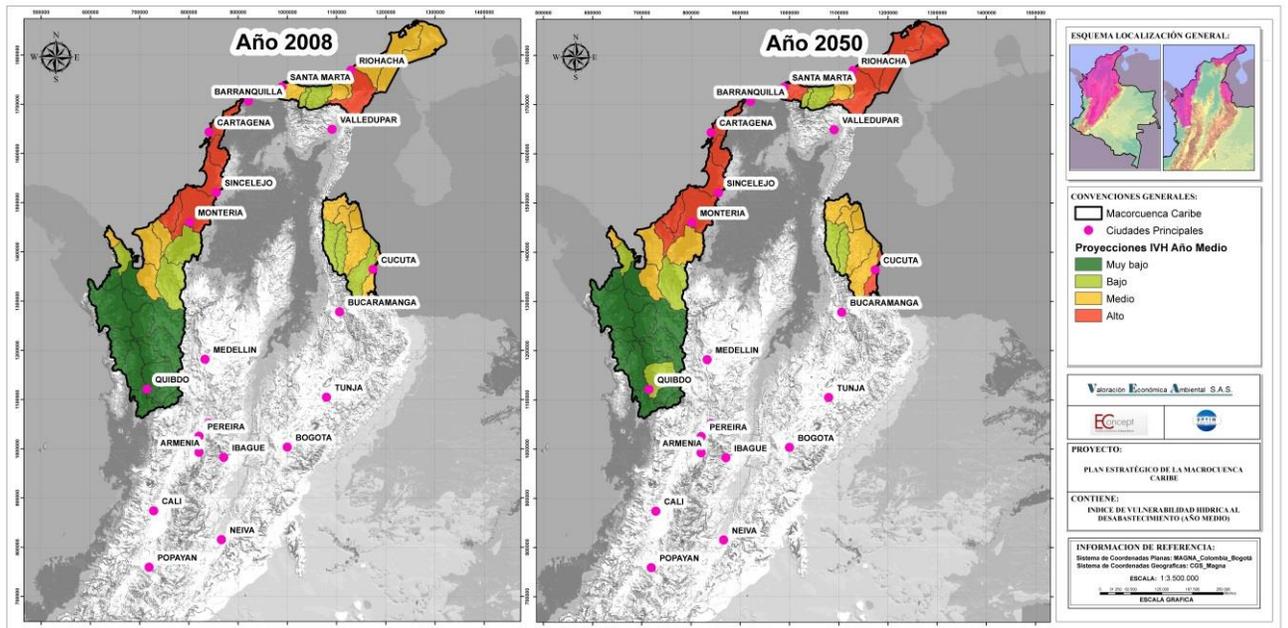
Tabla 3.75: Matriz de relación para categorizar el Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento (IVH)

| Categorías Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento (IVH) | | |
|--|----------------------|--------------------------|
| Índice de uso de agua | Índice de regulación | Categoría Vulnerabilidad |
| Muy bajo | Alto | Muy bajo |
| Muy bajo | Moderado | Bajo |
| Muy bajo | Bajo | Medio |
| Muy bajo | Muy bajo | Medio |
| Bajo | Alto | Bajo |
| Bajo | Moderado | Bajo |
| Bajo | Bajo | Medio |
| Bajo | Muy bajo | Medio |
| Medio | Alto | Medio |
| Medio | Moderado | Medio |
| Medio | Bajo | Alto |
| Medio | Muy bajo | Alto |
| Alto | Alto | Medio |
| Alto | Moderado | Alto |
| Alto | Bajo | Alto |
| Alto | Muy bajo | Muy alto |
| Muy alto | Alto | Medio |
| Muy alto | Moderado | Alto |
| Muy alto | Bajo | Alto |
| Muy alto | Muy bajo | Muy alto |

Fuente: (IDEAM, 2010)

Se realiza el cálculo respectivo obteniendo hasta el año 2050 la categorización de la vulnerabilidad al desabastecimiento con sus colores respectivos. Estos se visualizan para la Macrocuenca Caribe, en las siguientes ilustraciones:

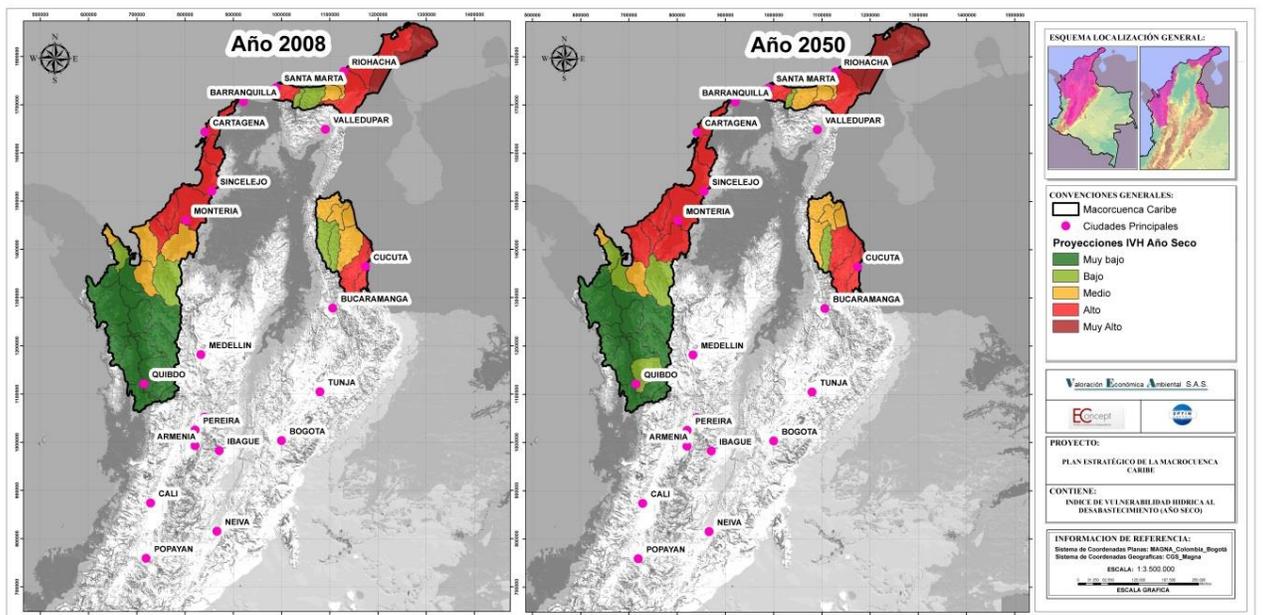
Ilustración 3.124: Índice de vulnerabilidad hídrica al desabastecimiento (año medio), 2008-2050



Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de (IDEAM, 2010)

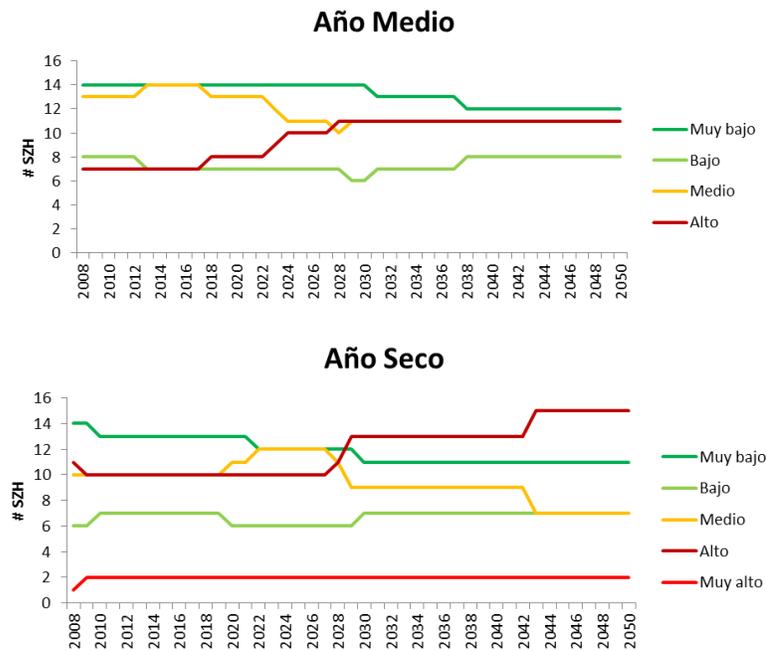
Así mismo, se presentan las proyecciones para un año seco.

Ilustración 3.125: Índice de vulnerabilidad hídrica al desabastecimiento (año seco), 2008-2050



Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de (IDEAM, 2010)

Ilustración 3.126: Cambios proyectados en la vulnerabilidad (IVH), Caribe



Fuente: Cálculos UT Macrocuencas

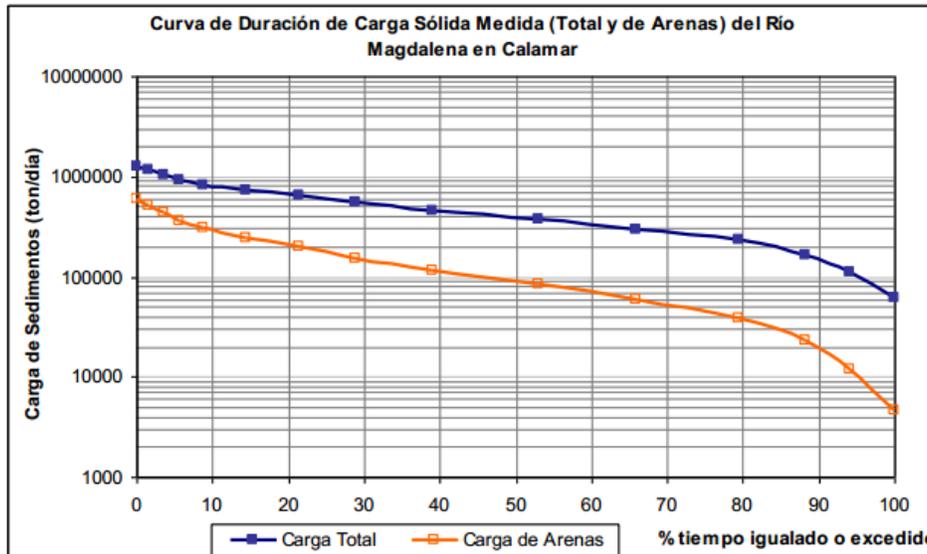
3.4.5 Indicador Caudal Sólido

La calidad del río también se ve afectada por sedimentos, ante lo cual se hace necesaria la consideración del Caudal Sólido de la cuenca, el cual se divide en dos tipos de carga sedimentológica diferente: la carga de lavado y la carga de material del lecho.

La carga de lavado está compuesta por los materiales muy finos, que se encuentran totalmente en suspensión y casi nunca se encuentran en cantidades considerables en el lecho. La carga de material del lecho consta de materiales granulométricos del lecho, de disponibilidad casi ilimitada que entran en movimiento por la turbulencia del río (CORMAGDALENA, 2009).

Este tipo de caudal se puede monitorear de la misma forma que los caudales líquidos, mediante curvas de duración de caudal sólido donde se realizan mediciones diarias y directas de las concentraciones totales en las estaciones.

Ilustración 3.127 Curva de duración de carga sólida medida en la estación Calamar del río Magdalena



Fuente: PMC Cormagdalena, 2009

En el caso de los caudales sólidos, Cormagdalena recomienda la utilización de un Indicador con base en la curva de duración de carga sólida; este Indicador tiene cuatro índices así:

Qsm: Caudal sólido promedio en la estación.

QS5: Caudal sólido máximo normal (5% del tiempo en el año hidrológico con caudales iguales o mayores).

QS50: Caudal sólido modal en la zona.

QS95: Caudal sólido mínimo normal (95% del tiempo en el año hidrológico con caudales iguales o mayores).

Nota: La carga sólida se expresa en ton/día, o ton/año.

El Indicador Caudal Sólido se clasifica de la siguiente forma:

Tabla 3.76. Clasificación del Indicador Caudal Sólido

| Rango | Indicador Caudal Sólido |
|-----------|-------------------------|
| 0 - 35% | Aceptable |
| 35 - 50% | Regular |
| 50 - 100% | Inaceptable |

Fuente: PMC Cormagdalena, 2009

Para verificar el nivel de calidad se deben clasificar los cuatro índices del Indicador en la misma proporción.

3.4.6 Conclusiones

A partir de los resultados antes presentados, se observó que de las 42 subzonas de la Macrocuenca Caribe, el 31% de las subzonas están por encima del nivel moderado en el índice IUA, por lo que se puede concluir que el 69% de subzonas no generarán una alta presión de demanda con respecto a la oferta disponible en la proyección para el año 2050. Sin embargo, las subzonas de Arroyos Directos al Caribe y el río Pamplonita se encontrarán con un índice IUA muy alto producto del cambio de demanda del sector agrícola al sector industrial para esta misma proyección.

Respecto al índice de vulnerabilidad hídrica al desabastecimiento, las subzonas ubicadas en la región de la Guajira alcanzaran un nivel muy alto en las proyecciones para año seco y un nivel alto para año medio. Adicionalmente, las subzonas restantes pertenecientes a la Macrocuenca no presentaran mayores cambios a su IVH actual.

Con base en la información anteriormente presentada, el Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua (IACAL) incrementa para la gran parte de las subzonas de la Macrocuenca. En el 16% de las subzonas se evidencia la transición de una categoría de Medio o Alto a una categoría de Muy Alto. Esto es consecuencia de tan alto número de habitantes que se localizan en las zonas, ya que tienen una gran influencia en las cargas presentadas de estos descriptores de presión por las características fisicoquímicas de los vertimientos domésticos. Por otro lado, el 41% de las subzonas que se encuentran clasificadas en una categoría Baja no presentan ningún cambio para los años proyectados. Las proyecciones obtenidas del IACAL demuestran la necesidad de establecer medidas preventivas para las subzonas que todavía no han alcanzado un nivel Alto, y posibles métodos de tratamiento y mitigación para las subzonas críticas.

3.5 ZONIFICACIÓN AMBIENTAL

La zonificación ambiental presentada a continuación es producto de la investigación de la descripción y caracterización ambiental de las zonas clave para la gestión del recurso hídrico en la Macrocuenca. Se divide en las diferentes temáticas claves previamente identificadas y se establecen para cada una, diferentes objetivos para alcanzar el modelo de desarrollo deseado.

3.5.1 Contaminación al recurso hídrico por hidrocarburos

3.5.1.1 Áreas priorizadas para complementar la red de monitoreo del recurso hídrico para que incluya de manera integral el seguimiento a la contaminación por hidrocarburos

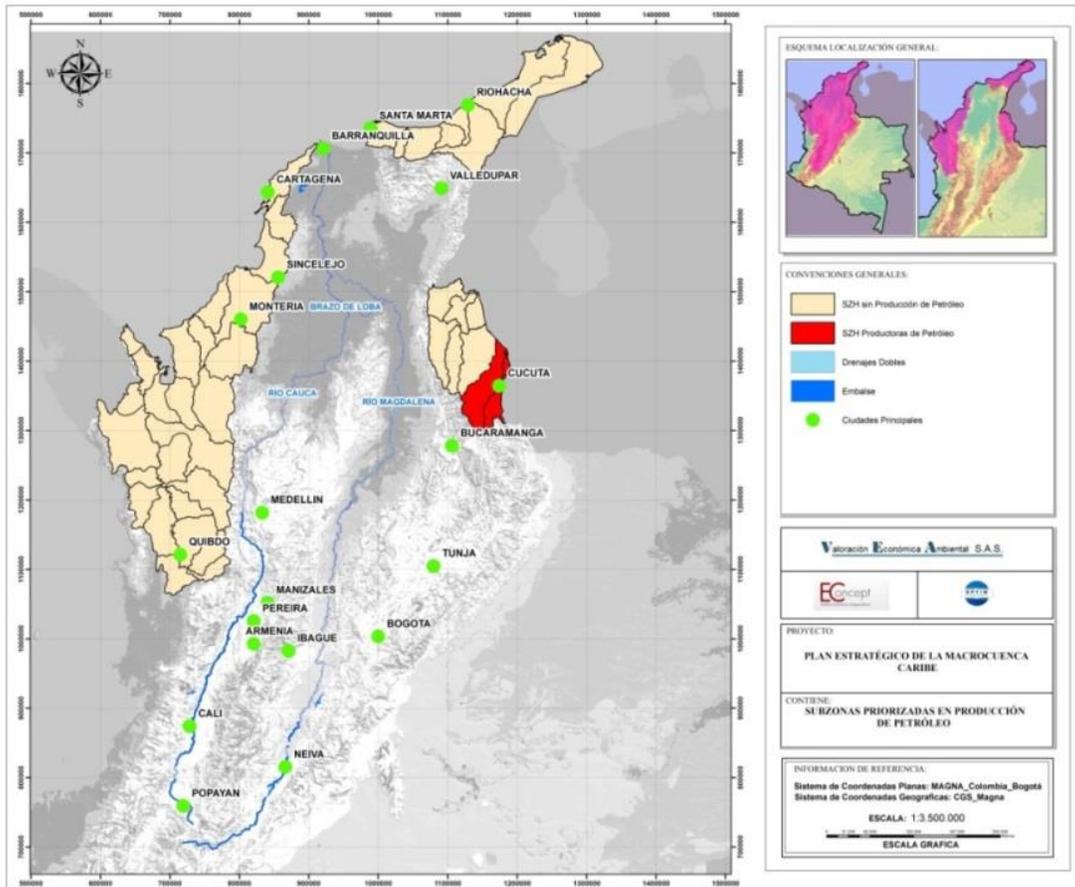
El monitoreo y seguimiento del recurso hídrico hace parte de las líneas de acción estratégicas establecidas dentro del marco de la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico, para alcanzar el objetivo asociado con “Mejorar la calidad y minimizar la contaminación del recurso hídrico” (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010). Sin embargo, el monitoreo de la calidad del recurso hídrico se realiza “mediante variables básicas que dan cuenta

de diferentes orígenes de contaminación como son: porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (OD), sólidos totales en suspensión, demanda química de oxígeno, conductividad eléctrica y pH” (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010). Por lo anterior, se hace necesario incluir dentro del monitoreo de calidad, parámetros que se relacionen directamente con la contaminación proveniente de la producción de hidrocarburos, como los Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP).

Por lo anterior, es necesario incluir el diagnóstico preciso de la actividad hidrocarburos y prospectiva de crecimiento usando la información de títulos mineros y reservas, además de dimensionar los requerimientos institucionales de las autoridades ambientales para atender la dinámica del sector.

Para determinar las subzonas hidrográficas que resultan prioritarias para complementar la red de monitoreo del recurso hídrico para que incluya de manera integral el seguimiento a la contaminación por hidrocarburos, se calculó un índice de prioridad de acuerdo a su potencial de contaminación de agua debido a la explotación de hidrocarburos, teniendo en cuenta la producción en la subzona. En el caso de la Macrocuenca Caribe sólo dos subzonas cuentan con producción de petróleo. Los resultados de esta categorización se presentan a continuación.

Ilustración 3.128. Subzonas priorizadas para complementar la red de monitoreo del recurso hídrico para que incluya de manera integral el seguimiento a la contaminación por hidrocarburos



Fuente: UT Macrocuencas con información de (UPME, 2012)

En la siguiente tabla se presentan las subzonas priorizadas para complementar la red de monitoreo del recurso hídrico para que incluya de manera integral el seguimiento a la contaminación por hidrocarburos y las Jurisdicciones de las Corporaciones Autónomas Regionales correspondientes.

Tabla 3.77. Jurisdicciones de CARs según subzonas priorizadas para complementar la red de monitoreo del recurso hídrico para que incluya de manera integral el seguimiento a la contaminación por hidrocarburos

| Subzona Hidrográfica | | Corporación con Jurisdicción |
|----------------------|----------------|------------------------------|
| 1601 | Río Pamplonita | CORPONOR |
| 1602 | Río Zulia | CORPONOR |

3.5.1.2 Áreas priorizadas para La inclusión del diagnóstico preciso de la actividad hidrocarburos y prospectiva de crecimiento usando la información de títulos mineros y reservas y El dimensionamiento de los requerimientos institucionales de las autoridades ambientales para atender la dinámica del sector.

Como instrumento complemento y apoyo a la gestión de la información para la red de monitoreo, es necesario incluir el diagnóstico preciso de la actividad hidrocarburos y prospectiva de crecimiento usando la información de títulos mineros y reservas y dimensionar los requerimientos institucionales de las autoridades ambientales para atender la dinámica del sector.

En la siguiente tabla se presentan las subzonas hidrográficas en las cuales se debe asegurar la inclusión en los POMCA de la prospectiva del sector y la determinación de los requerimientos institucionales para atender el seguimiento, control y monitoreo de la contaminación hídrica por hidrocarburos. La priorización se realizó de acuerdo a las subzonas en las que la producción de hidrocarburos es significativa para el 2012. Para cada una de ellas se presenta la producción de crudo en Barriles/Día para el año 2012, la población total presente en la subzona y la población en cabeceras cuya fuente hídrica tiene un Índice de Vulnerabilidad Hídrica alto. Las subzonas se encuentran ordenadas según la producción de hidrocarburos para el año 2012.

Tabla 3.78. Subzonas priorizadas para la inclusión en lo de la prospectiva del sector y la determinación de los requerimientos institucionales para atender el seguimiento, control y monitoreo de la contaminación hídrica por hidrocarburos.

| SZH | Nombre Subzona | Producción Petróleo (Barriles/Día) 2012 | Contaminación Potencial de agua (Barriles/Día) 2012 | Población total subzona 2013 |
|------|----------------|---|---|------------------------------|
| 1601 | Río Pamplonita | 150 | 748 | 840.582 |
| 1602 | Río Zulia | 498 | 2.492 | 54.749 |

Fuente: UT Macrocuencas con información de (UPME, 2012)

De igual manera, se destaca que el 78% de la producción de petróleo se concentra en la subzona del Río Zulia.

3.5.2 Concentración de mercurio en los cauces y alimentos de la cadena trófica que estén asociados al fenómeno de contaminación.

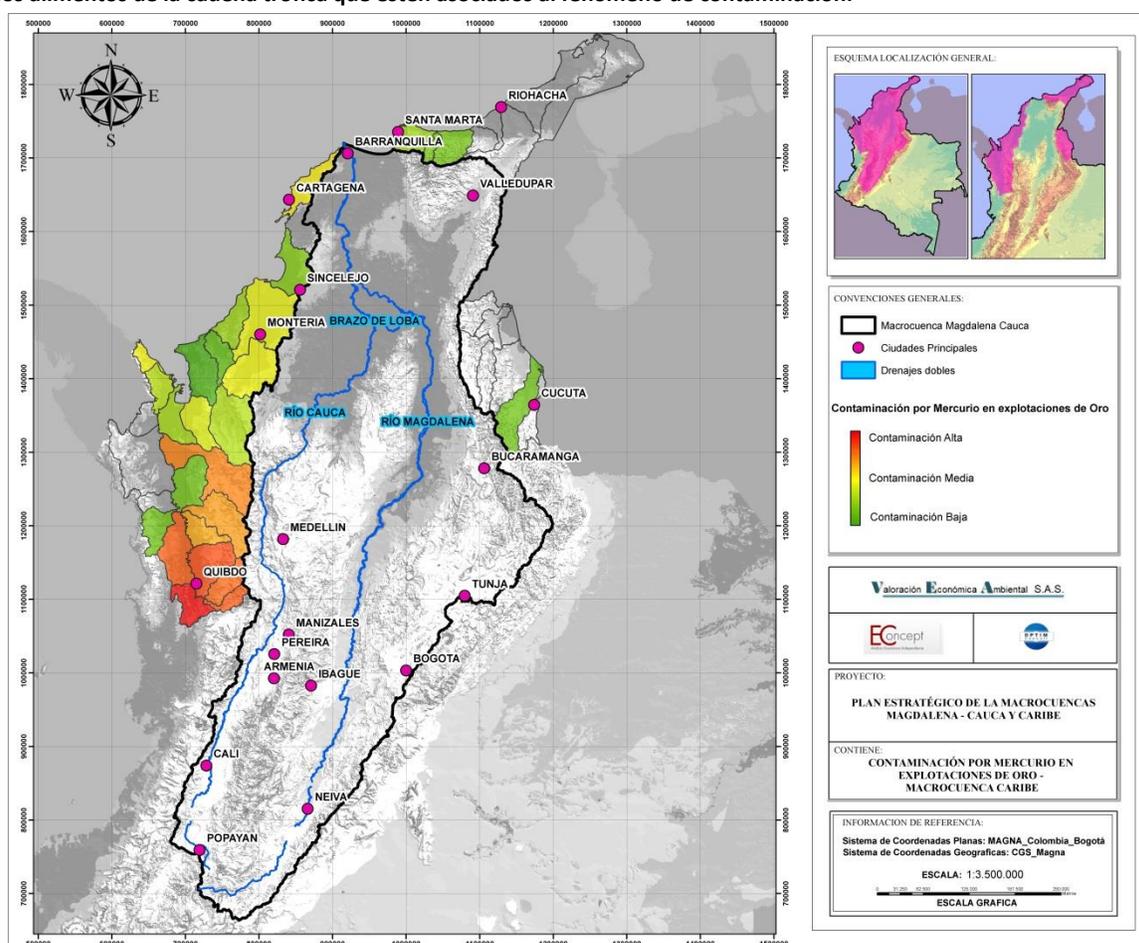
3.5.2.1 Áreas priorizadas para Complementar la red de monitoreo del recurso hídrico para que incluya de manera integral el seguimiento de la concentración de mercurio en los cauces y la concentración de mercurio en los alimentos de la cadena trófica que estén asociados al fenómeno de contaminación y Determinar los planes de restauración ecológica de los ecosistemas intervenidos, afectados y abandonados por la minería.

Actualmente los impactos ambientales más severos son causados por la minería informal/ilegal del oro; y principalmente por la minería que se desarrolla sobre los valles aluviales y en los cauces de los ríos, utilizando retroexcavadoras. Adicionalmente, esta forma de minería utiliza mercurio para amalgamar el oro extraído de los cauces. Según las cifras obtenidas en el Censo Minero Departamental de Colombia, el 86,7% de la minería de oro corresponde a minería informal/ilegal (Ministerio de Minas y Energía, 2011).

La red de monitoreo de la calidad del recurso hídrico actual se realiza mediante variables básicas que no evidencian directamente la contaminación asociada a la producción de oro. Por otro lado, el monitoreo de las variables básicas se realiza de manera particular para cada caso y no contempla el manejo dinámico del sistema. Por lo anterior, se hace necesario realizar una metodología que contemple el efecto acumulado de estas variables en el sistema.

Para determinar las subzonas hidrográficas que resultan prioritarias se calculó un índice de prioridad de acuerdo a su potencial de contaminación por mercurio debido a la explotación de oro, teniendo en cuenta la producción en la subzona. Los resultados de esta categorización se presentan a continuación.

Ilustración 3.129. Subzonas priorizadas para complementar la red de monitoreo del recurso hídrico para que incluya de manera integral el seguimiento de la concentración de mercurio en los cauces y la concentración de mercurio en los alimentos de la cadena trófica que estén asociados al fenómeno de contaminación.



Fuente: UT Macrocuencas con información de (IDEAM, 2010) y (UPME, 2013)

La cobertura geográfica propuesta se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 3.79. Jurisdicciones de CARs según subzonas priorizadas para complementar la red de monitoreo del recurso hídrico para que incluya de manera integral el seguimiento de la

concentración de mercurio en los cauces y la concentración de mercurio en los alimentos de la cadena trófica que estén asociados al fenómeno de contaminación.

| Subzona Hidrográfica | | Corporación con Jurisdicción |
|-----------------------------|---|-------------------------------------|
| 1103 | Río Quito | CODECHOCE |
| 1104 | Río Bebaramá y otros Directos Atrato | CODECHOCE |
| 1101 | Río Andágueda | CODECHOCE |
| 1105 | Directos Atrato (mi) | CODECHOCE |
| 1102 | Alto Atrato | CODECHOCE |
| | | CORANTIOQUI |
| 1111 | Río Sucio | CODECHOCE |
| | | CORPOURABA |
| 1107 | Río Murri | CORPOURABA |
| 1106 | Directos Atrato (md) | CODECHOCE |
| | | CORPOURABA |
| 1401 | Arroyos Directos al Caribe | CARDIQUE |
| | | CRA |
| | | EPA |
| 1116 | Río Tolo y otros Directos al Caribe | CODECHOCE |
| 1302 | Medio Sinú | CVS |
| 1303 | Bajo Sinú | CARSUCRE |
| | | CVS |
| 1201 | Río León | CORPOURABA |
| 1115 | Río Tanela y otros Directos al Caribe | CODECHOCE |
| 1301 | Alto Sinú - Urrá | CORANTIOQUI |
| | | CVS |
| 1114 | Directos Bajo Atrato | CODECHOCE |
| | | CORPOURABA |
| 1204 | Rio Canalete y otros Arroyos Directos al Caribe | CORPOURABA |
| | | CVS |
| 1501 | Rio Guachaca -Río Piedras - Río Manzanares | CORPAMAG |
| | | DADMA |
| 1309 | Directos Caribe Golfo de Morrosquillo | CARDIQUE |
| | | CARSUCRE |
| | | CVS |
| 1502 | Río Don Diego | CORPAMAG |
| 1503 | Río Ancho y Otros Directos al caribe | CORPOGUAJIRA |

| Subzona Hidrográfica | | Corporación con Jurisdicción |
|----------------------|----------------------------------|------------------------------|
| 1110 | Río Murindó - Directos al Atrato | CODECHOCE |
| | | CORPOURABA |
| 1108 | Río Bojayá | CODECHOCE |
| 1602 | Río Zulia | CORPONOR |
| 1203 | Río San Juan | CORPOURABA |
| | | CVS |

3.5.2.2 Áreas priorizadas para promover la suscripción de los subcontratos de formalización minera.

Teniendo en cuenta los análisis de diagnóstico y el panorama de explotación de oro, se observa que existe un gran porcentaje de minería no estandarizada, responsable en su gran mayoría por la contaminación de mercurio.

Para la identificación de las subzonas con mayor amenaza por contaminación de mercurio, se elaboró un índice de prioridad teniendo en cuenta la producción de oro en la subzona y, por ende, su potencial contaminación por mercurio.

La identificación de las subzonas priorizadas se presentan en la Tabla 3.80.

Vale la pena aclarar que aunque esta priorización da una idea de la importancia de las emisiones de mercurio en esas subzonas, el riesgo que esas emisiones implican para las poblaciones puede trasladarse a otras zonas de la Macrocuenca. Esto debido a que el mercurio vertido al agua tiende a desplazarse aguas abajo y sus efectos se pueden sentir hasta 50 km más abajo de las zonas mineras (Olivero J. , Johnson, Mendoza, Paz, & Olivero, 2004).

Las subzonas se encuentran ordenadas según la producción de oro para el año 2012.

Tabla 3.80. Subzonas con prioridad alta debido a la contaminación por mercurio de la minería de oro

| SZH | Nombre Subzona | Producción Oro (g/año) 2012 | Producción Mercurio Potencial (g/año) 2012 | Población total subzona 2013 |
|------|--------------------------------------|-----------------------------|--|------------------------------|
| 1103 | Río Quito | 4.628.370 | 23.141.848 | 19.316 |
| 1104 | Río Bebaramá y otros Directos Atrato | 408.045 | 2.040.226 | 125.250 |
| 1101 | Río Andágueda | 297.548 | 1.487.738 | 6.427 |
| 1105 | Directos Atrato (mi) | 283.762 | 1.418.811 | 10.282 |
| 1102 | Alto Atrato | 234.500 | 1.172.498 | 14.696 |
| 1111 | Río Sucio | 58.939 | 294.693 | 40.754 |
| 1107 | Río Murrí | 28.735 | 143.676 | 26.002 |
| 1106 | Directos Atrato (md) | 18.274 | 91.372 | 7.824 |
| 1401 | Arroyos Directos al Caribe | 4.237 | 21.187 | 1.041.551 |
| 1116 | Río Tolo y otros Directos al Caribe | 2.585 | 12.926 | 5.432 |
| 1302 | Medio Sinú | 2.139 | 10.695 | 113.174 |

| SZH | Nombre Subzona | Producción Oro (g/año) 2012 | Producción Mercurio Potencial (g/año) 2012 | Población total subzona 2013 |
|------|---|-----------------------------|--|------------------------------|
| 1303 | Bajo Sinú | 1.897 | 9.485 | 614.682 |
| 1201 | Río León | 1.489 | 7.446 | 263.434 |
| 1115 | Río Tanela y otros Directos al Caribe | 409 | 2.044 | 5.877 |
| 1301 | Alto Sinú - Urrá | 339 | 1.695 | 49.584 |
| 1114 | Directos Bajo Atrato | 266 | 1.332 | 40.310 |
| 1204 | Río Canalete y otros Arroyos Directos al Caribe | 221 | 1.103 | 58.497 |
| 1501 | Río Guachaca -Río Piedras - Río Manzanares | 163 | 816 | 450.981 |
| 1309 | Directos Caribe Golfo de Morrosquillo | 85 | 425 | 103.599 |
| 1502 | Río Don Diego | 60 | 300 | 4.065 |
| 1503 | Río Ancho y Otros Directos al caribe | 43 | 214 | 8.029 |
| 1110 | Río Murindó - Directos al Atrato | 27 | 134 | 4.995 |
| 1108 | Río Bojayá | 23 | 113 | 2.745 |
| 1602 | Río Zulia | 16 | 79 | 54.749 |
| 1203 | Río San Juan | 10 | 48 | 41.644 |

Fuente: UT Macrocuencas con información de (IDEAM, 2010) y (UPME, 2013)

De acuerdo con lo indicado en la tabla anterior, la Producción de Mercurio Potencial se centra en la subzona de Río Quito.

3.5.3 Carga Potencial Contaminante

3.5.3.1 Áreas Priorizadas para Establecer las metas de calidad de los cuerpos de agua en concordancia con el Artículo 11 del Decreto 2667 del 2012 sobre metas de carga contaminante y a los usos actuales y potenciales del cuerpo de agua y para Inversión en soluciones de tratamiento de agua residual para municipios donde las metas de calidad estén siendo afectadas de manera importante

El vertimiento de sustancias contaminantes a los cuerpos de agua deteriora su calidad, y puede llegar a disminuir la oferta disponible. De acuerdo a la modelación del crecimiento de las descargas contaminantes teniendo en cuenta parámetros de descarga por hogar y por unidad de producto industrial, se observa el crecimiento potencial de la carga de cada contaminante (DBO, DQO y SST) y por consiguiente la disminución en la disponibilidad del recurso hídrico.

Las subzonas priorizadas y la cobertura geográfica de los objetivos presentados anteriormente se presenta a continuación.

El ejercicio de priorización se realiza mediante la construcción de un índice que relaciona la carga de cada contaminante (DBO, DQO y SST) con el caudal de cada subzona hidrográfica. Esto para identificar las subzonas que actualmente tienen la mayor presión por contaminación. Teniendo en cuenta el análisis por subzonas hidrográficas, se ordenaron las subzonas en las cuales se presenta el índice de concentración más alto.

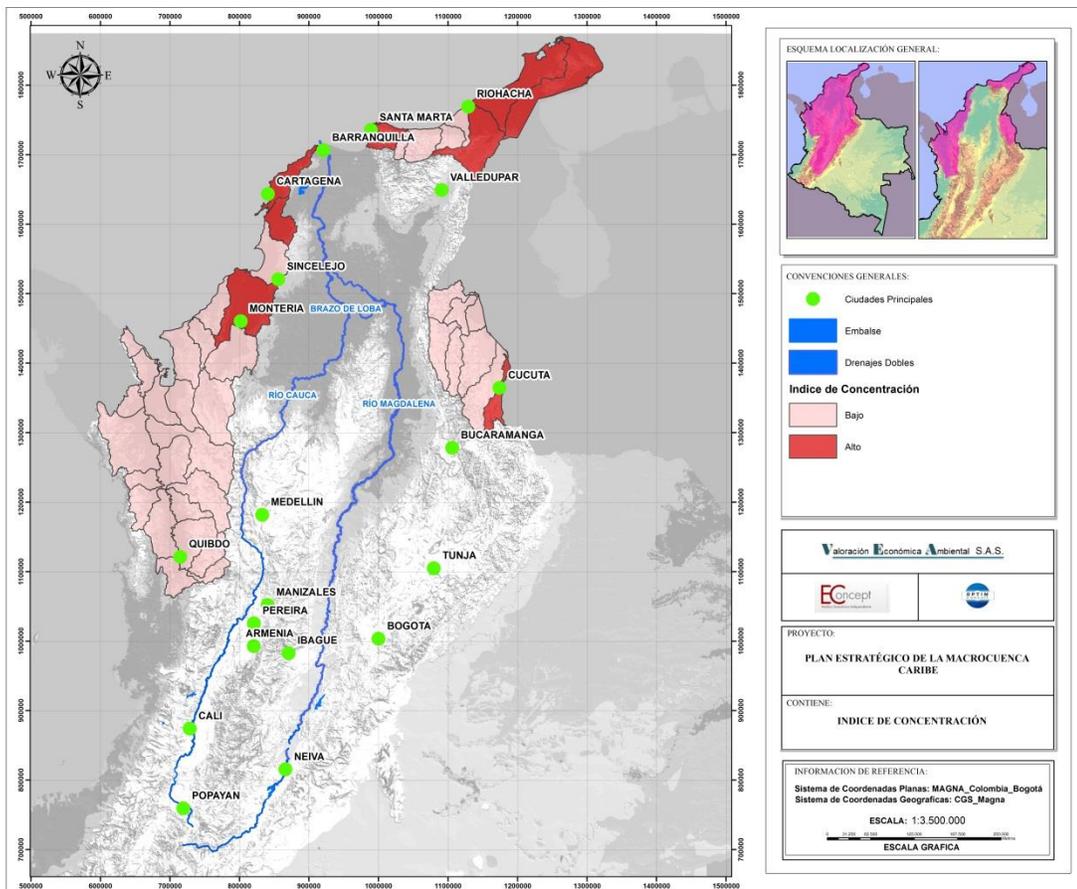
Tabla 3.81. Subzonas Hidrográficas con mayor concentración de contaminantes.

| Subzona Hidrográfica | |
|----------------------|--------------------------------------|
| 1401 | Río Andágueda |
| 1601 | Alto Atrato |
| 1508 | Río Quito |
| 1506 | Río Bebaramá y otros Directos Atrato |
| 1501 | Directos Atrato (mi) |
| 1303 | Directos Atrato (md) |
| 1507 | Río Murrí |
| 1310 | Río Bojayá |

Fuente: Cálculos UT Macrocuencas

La siguiente ilustración se representa geográficamente las subzonas priorizadas.

Ilustración 3.130. Subzonas hidrográficas priorizadas para Garantizar que la carga contaminante no limite el uso del agua en las subzonas hidrográficas



Fuente: Cálculos UT Macrocuencas

De acuerdo con lo indicado en la ilustración anterior, el 19% de las subzonas hidrográficas de la Macrocuenca presentan un índice alto de contaminación, concentrándose en su mayoría en la zona de la Guajira.

3.5.4 Gestión integral del recurso hídrico de los corredores industriales de la Macrocuena

3.5.4.1 Áreas prioritizadas para el mantenimiento y el mejoramiento de la oferta hídrica en las cuencas abastecedoras de los municipios ubicados en las agrupaciones industriales.

Para garantizar el crecimiento urbano e industrial de manera armónica con la gestión integral del recurso hídrico, se requiere del desarrollo de actividades de conservación de ecosistemas naturales y de restauración de áreas degradadas.

Teniendo en cuenta la distribución de los corredores industriales dentro de la Macrocuena, las subzonas hidrográficas en las cuales se debe realizar la implementación de medidas de manera prioritaria, se presenta en la Tabla 3.82. Adicionalmente, esta tabla presenta la oferta superficial disponible y la demanda de agua proyectada en las cuencas abastecedoras en los corredores industriales.

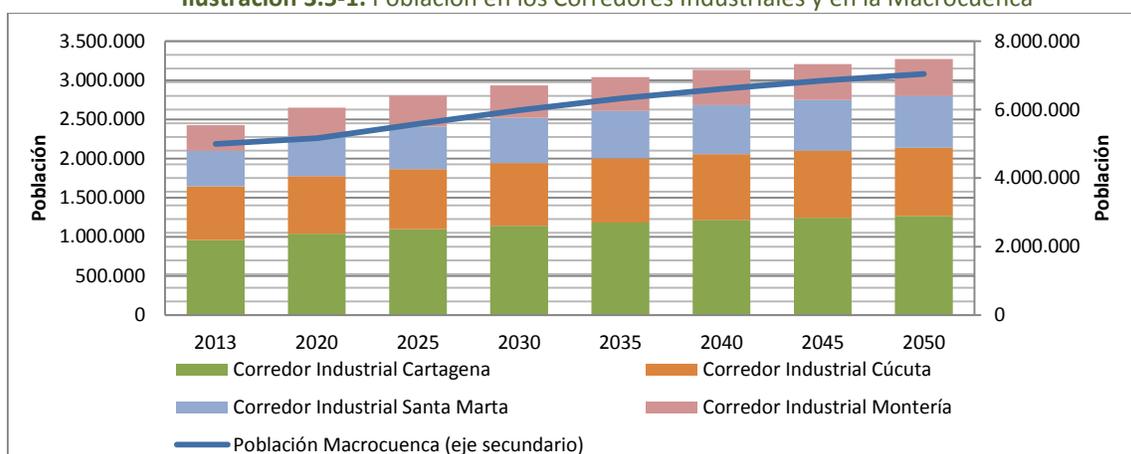
Tabla 3.82. Demanda y Ofertas en Corredores Industriales.

| Corredor Industrial | Subzona hidrográfica en la que se encuentra la Fuente abastecedora | Oferta Disponible Año Seco de la SZH (MMC) | Demanda Total Proyectada (MMC) | | | | |
|---------------------|--|--|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| | | | 2013 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 |
| Cartagena | Arroyos directos al Caribe | 271 | 116,88 | 138,96 | 179,03 | 232,43 | 306,48 |
| Cúcuta | Río Pamplonita | 218 | 88,76 | 106,87 | 139,32 | 183,11 | 244,45 |
| Montería | Bajo Sinú | 833 | 41,19 | 48,18 | 59,66 | 73,25 | 90,79 |
| Santa Marta | Río Guachaca - Río Piedras - Río Manzanares | 520 ⁶ | 51,05 | 61,66 | 78,61 | 99,07 | 125,83 |

Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de DANE, IDEAM

En la siguiente ilustración se presenta la distribución de la población, entre los distintos corredores industriales, para el período 2013-2050.

Ilustración 3.5-1. Población en los Corredores Industriales y en la Macrocuena



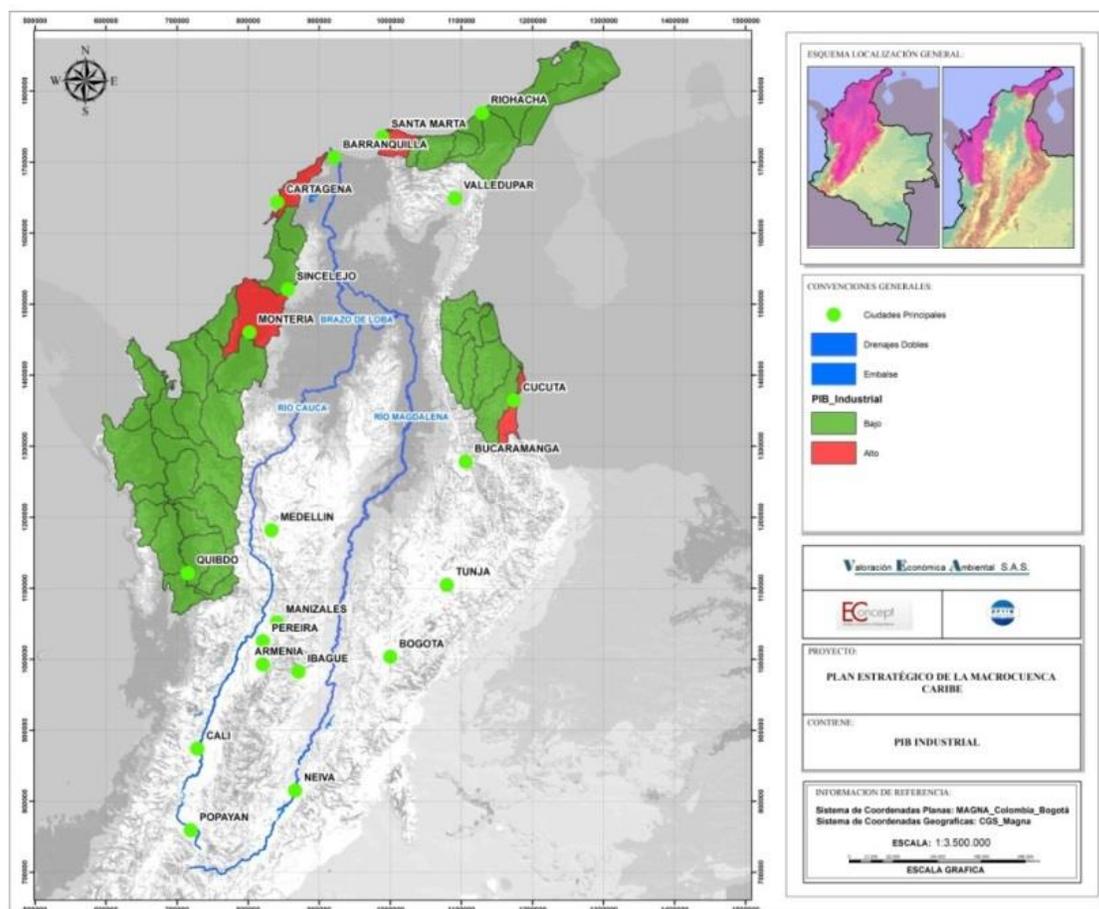
Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de DANE

⁶ Este valor representa la oferta disponible de la subzona hidrográfica en la que se ubica la ciudad de Santa Marta, más no representa la oferta disponible que posee esta ciudad puesto que se encuentra abastecida únicamente por el río manzanares el cual presenta una oferta hídrica mucho menor a este valor.

Como lo indica la ilustración anterior, la concentración del PIB Industrial aumenta con el crecimiento de la población. Es de esperarse que un comportamiento similar ocurra con respecto a la demanda de agua.

La distribución geográfica del PIB Industrial se representa en la siguiente ilustración.

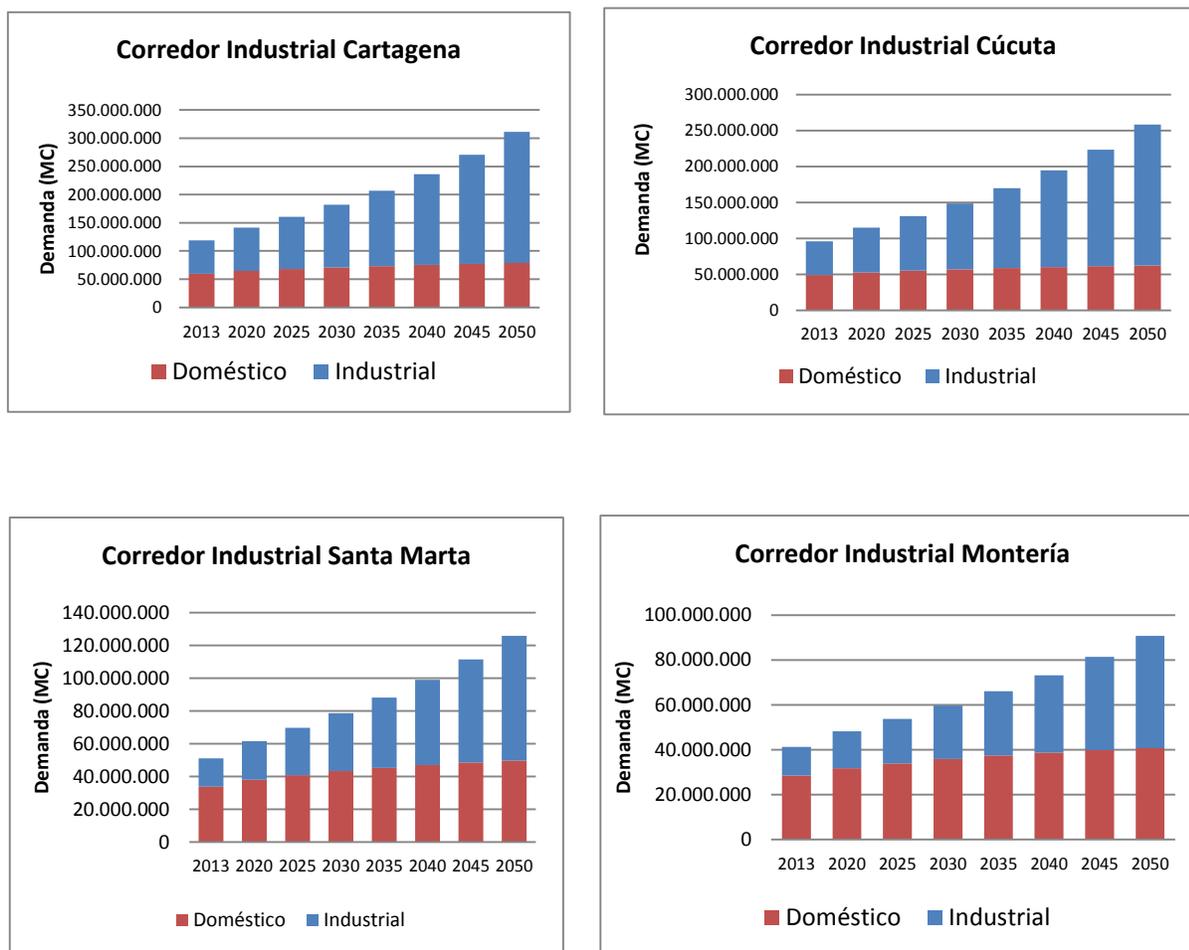
Ilustración 3.131. Corredores Industriales



Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información del DANE y Banco de la República.

La siguiente ilustración presenta la proyección tendencial de la demanda de agua industrial y doméstica para algunos corredores industriales.

Ilustración 3.5-2. Demanda Doméstica e Industrial por Corredor Industrial



Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de DANE, IDEAM

La Ilustración 3.131 muestra que los 4 corredores industriales descritos en la sección de consideraciones técnicas generan el 56% del PIB industrial de la Macrocuenca.

De acuerdo a la tabla anterior, los corredores industriales con mayor riesgo al desabastecimiento son Cartagena, Cúcuta y Santa Marta. En estos casos, la demanda proyectada de agua por los sectores doméstico e industrial sobrepasaría la oferta disponible. El corredor industrial de Montería, por su vecindad al Río Sinú, es, por mucho, el que tiene menores riesgos de escases de agua.

3.5.5 Reducir la vulnerabilidad al desabastecimiento de los centros urbanos medianos y pequeños

3.5.5.1 Áreas priorizadas para el mantenimiento y mejoramiento de la oferta hídrica en las cuencas abastecedoras de los municipios.

Según los resultados de los análisis de diagnóstico de la Macrocuenca, se evidencia que alrededor del 50% de las subzonas hidrográficas en las cuales se ubican las cuencas abastecedoras de los municipios, tendrá un IVH alto. Por lo tanto, es prioritario realizar la implementación de estrategias que permitan Mantener y mejorar la oferta hídrica en las cuencas abastecedoras.

La siguiente tabla presenta el número de poblaciones pequeñas (P) y medianas (M) con Índices de Vulnerabilidad Hídrica altos para el año 2050. Estas subzonas hidrográficas se consideran prioritarias por su vulnerabilidad al desabastecimiento.

Tabla 3.83. Subzonas hidrográficas con mayor número de cabeceras con IVH alto y muy alto ⁷

| Subzonas Hidrográficas | | Centros Urbanos con IVH Alto y Muy Alto | | Centros Urbanos totales en la Subzona | % Cabeceras IVH Alto/ Cabeceras |
|------------------------|---|---|---|---------------------------------------|---------------------------------|
| | | P | M | | |
| 1104 | Río Bebaramá y otros Directos Atrato | 1 | 1 | 2 | 100% |
| 1111 | Río Sucio | 6 | | 8 | 75% |
| 1201 | Río León | 2 | 1 | 3 | 100% |
| 1202 | Río Mulatos | 1 | | 1 | 100% |
| 1203 | Río San Juan | 2 | | 2 | 100% |
| 1204 | Río Canalete y otros Arroyos Directos al Caribe | 5 | | 5 | 100% |
| 1401 | Arroyos Directos al Caribe | 7 | | 9 | 78% |
| 1601 | Río Pamplonita | 8 | | 8 | 100% |
| 1603 | Río Nuevo Presidente - Tres Bocas (Sardinata, Tibú) | 5 | | 5 | 100% |
| 1605 | Río Algodonal (Alto Catatumbo) | 3 | | 8 | 38% |

Fuente: Cálculos UT Macrocuencas con información de (DANE)

3.5.6 Áreas de especial significado ambiental

3.5.6.1 Áreas priorizadas por su concentración de páramos por subzona hidrográfica

La siguiente tabla nos muestra las subzonas hidrográficas que poseen una amplia cobertura de área ubicada en zonas de páramo, caracterizándose como áreas de especial conservación dado que suministran un gran porcentaje del agua potable del país y albergan biodiversidad estratégica.

Tabla 3.84. Subzonas Hidrográficas que poseen gran concentración de páramos por unidad de área

| SZH | Subzona Hidrográfica | Área (Ha) | % Área total Páramos (Ha) |
|------|--------------------------------------|-----------|---------------------------|
| 1503 | Río Ancho y Otros Directos al caribe | 33.772 | 37% |

⁷ P: Centros urbanos pequeños

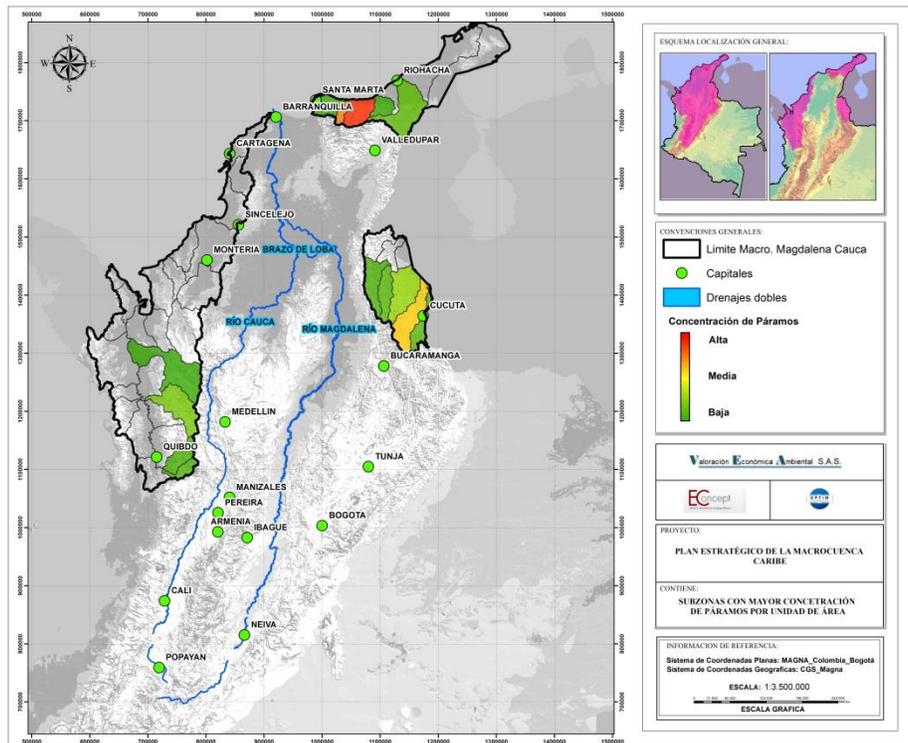
M: Centros urbanos medianos

% MMC: Porcentaje con relación al total de la Macrocuenca

| | | | |
|------|---|--------|-----|
| 1602 | Río Zulia | 31.400 | 35% |
| 1502 | Río Don Diego | 7.963 | 9% |
| 1603 | Río Nuevo Presidente - Tres Bocas (Sardinata, Tibú) | 6.437 | 7% |
| 1107 | Río Murri | 3.616 | 4% |
| 1506 | Río Ranchería | 2.745 | 3% |
| | Otras (9 SZH) | 4.352 | 5% |

Fuente: Cálculos UT Macrocuencas

Ilustración 3.132. Subzonas hidrográficas priorizadas según concentración de páramos.



Fuente: Cálculos UT Macrocuencas

3.5.6.2 Distribución de ecosistemas sensibles (Ciénagas – Lagunas) por subzona hidrográfica

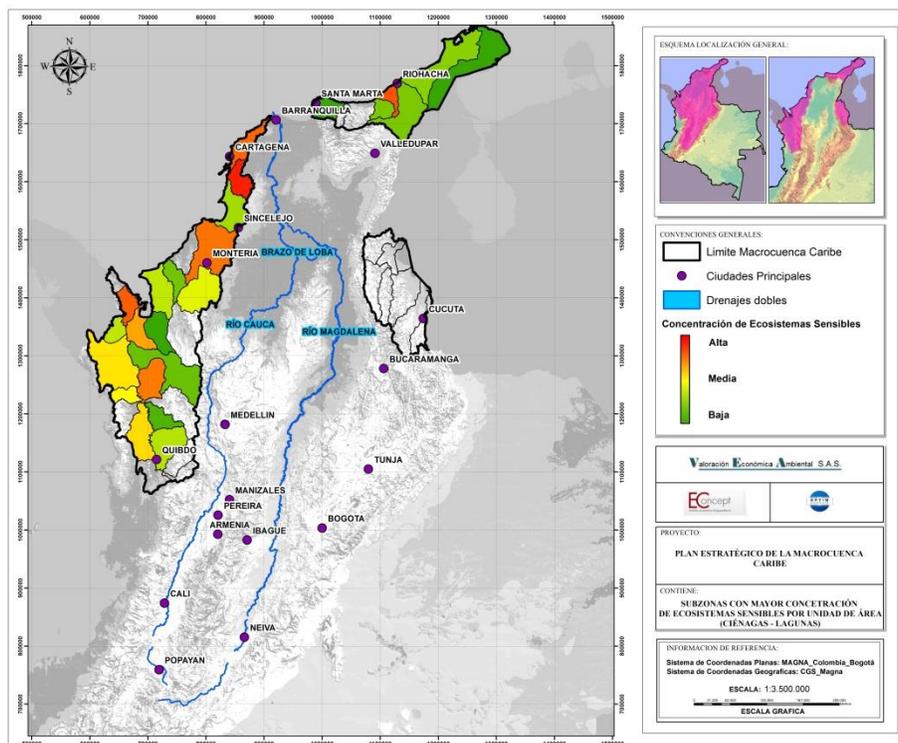
La distribución de los ecosistemas sensibles, se ha caracterizado por concentrarse en las zonas e intermediciones de los ríos Atrato y Sinú. La siguiente tabla nos muestra cuales son las subzonas hidrográficas donde hay mayor concentración de ecosistemas sensibles por unidad de área, priorizándolas como subzonas de alto interés dado que en estas zonas bajas es donde encontramos gran variedad de ecosistemas que hacen parte de un complejo sistema hídrico, los cuales se ven afectados por amenazas como inundación, remoción en masa y la erosión proveniente de otras subzonas, que desencadena en un aumento de los índices de sedimentación en el ecosistema, lo que minimiza oxígeno disuelto en el agua.

Tabla 3.85. Subzonas Hidrográficas que concentran los ecosistemas sensibles (Ciénagas y Lagunas) dentro de la Macrocuenca Caribe

| SZH | Subzona Hidrográfica | Área (Ha) | % Área total Ecosistemas Sensibles (Ha) |
|------|--|-----------|---|
| 1303 | Bajo Sinú | 12.422 | 21% |
| 1310 | María la Baja | 9.936 | 17% |
| 1110 | Río Murindó - Directos al Atrato | 5.837 | 10% |
| 1401 | Arroyos Directos al Caribe | 4.624 | 8% |
| 1112 | Río Salaquí y otros directos Bajo Atrato | 4.244 | 7% |
| 1115 | Río Tanela y otros Directos al Caribe | 3.512 | 6% |
| 1114 | Directos Bajo Atrato | 2.767 | 5% |
| 1105 | Directos Atrato (mi) | 2.655 | 5% |
| 1302 | Medio Sinú | 2.358 | 4% |
| 1505 | Río Camarones y otros directos Caribe | 2.337 | 4% |
| 1104 | Río Bebaramá y otros Directos Atrato | 1.239 | 2% |
| 1202 | Río Mulatos | 1.222 | 2% |
| 1507 | Directos Caribe - Ay. Sharimahana Alta Guajira | 1.133 | 2% |
| | Otras (11 SZH) | 3.638 | 6% |

Fuente: Cálculos UT Macrocuencas

Ilustración 3.133. Subzonas hidrográficas con mayor concentración de Ecosistemas Sensibles.



Fuente: Cálculos UT Macrocuencas

3.5.7 Áreas de recuperación Ambiental

3.5.7.1 Áreas priorizadas por sus Terrenos desnudos y degradados

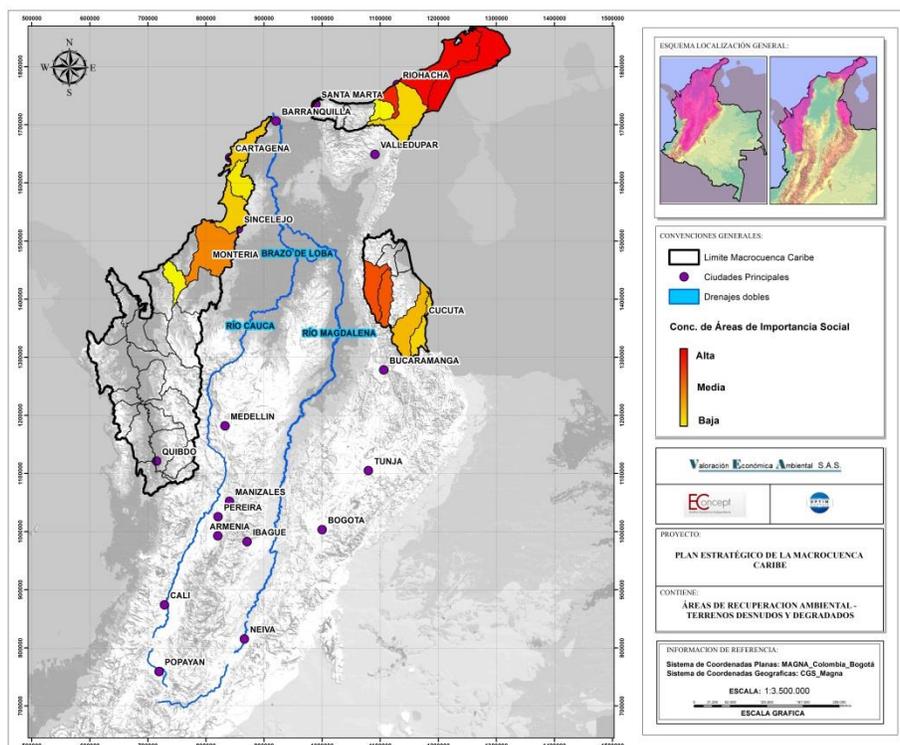
Corresponde a áreas que han sido desprovistas de vegetación o con poca vegetación, debido a actividades tanto antrópicas como naturales de erosión sobre las cuales se presentan condiciones extremas que dificulta la repoblación vegetal. La siguiente tabla nos muestra sobre cuales subzonas hidrográficas donde predominan estos terrenos los cuales tienen características particulares y sobre las cuales hay que tomar medidas de mitigación y compensación del fenómeno erosivo dado que esto hace que aumente los índices de sedimentos en la red hídrica, consecuente con una disminución en la profundidad de la navegación.

Tabla 3.86. Subzonas Hidrográficas que concentran terrenos desnudos y degradados en la Macrocuenca Caribe

| SZH | Subzona Hidrográfica | Área (Ha) | % Área total Terrenos Desnudos y Degradados (Ha) |
|------|--|-----------|--|
| 1508 | Río Carraipía - Paraguachón, Directos al Golfo Maracaibo | 147.230 | 55% |
| 1507 | Directos Caribe - Ay.Sharimahana Alta Guajira | 83.944 | 32% |
| 1303 | Bajo Sinú | 8.443 | 3% |
| 1605 | Río Algodonal (Alto Catatumbo) | 7.441 | 3% |
| 1505 | Río Camarones y otros directos Caribe | 6.260 | 2% |
| 1604 | Río Tarra | 4.491 | 2% |
| 1602 | Río Zulia | 2.406 | 1% |
| 1506 | Río Ranchería | 1.552 | 1% |
| 1309 | Directos Caribe Golfo de Morrosquillo | 1.409 | 1% |
| 1401 | Arroyos Directos al Caribe | 1.156 | 0,4% |
| | Otras (9 SZH) | 1.588 | 1% |

Fuente: Cálculos UT Macrocuencas

Ilustración 3.134. Subzonas hidrográficas clasificadas dentro de áreas de recuperación ambiental



Fuente: Cálculos UT Macrocuenas

3.5.8 Áreas de importancia Social

3.5.8.1 Áreas priorizadas por su Concentración de asentamientos humanos y de infraestructura física y rural

La siguiente tabla nos muestra la cuales son las subzonas hidrográficas donde se concentran los asentamientos humanos y de infraestructura física y social, siendo este un fenómeno de interés alto dado que dicha concentración hace que se demanden más recursos naturales en la subzona y así mismo se produce altos volúmenes de desechos, estos desechos sólido, a su vez son llevados a un sitio de disposición final, pero , los desechos provenientes de aguas residuales, doméstica y sanitarias son depositadas en afluentes hídricos generando un impacto negativo dado que se cambia drásticamente el estado natural del mismo. Es por ello que en estas subzonas priorizadas es donde se deben realizar obras hidráulicas y plantas de tratamiento que permitan la remoción de estos contaminantes antes de ser dispuestos en las corrientes hídricas.

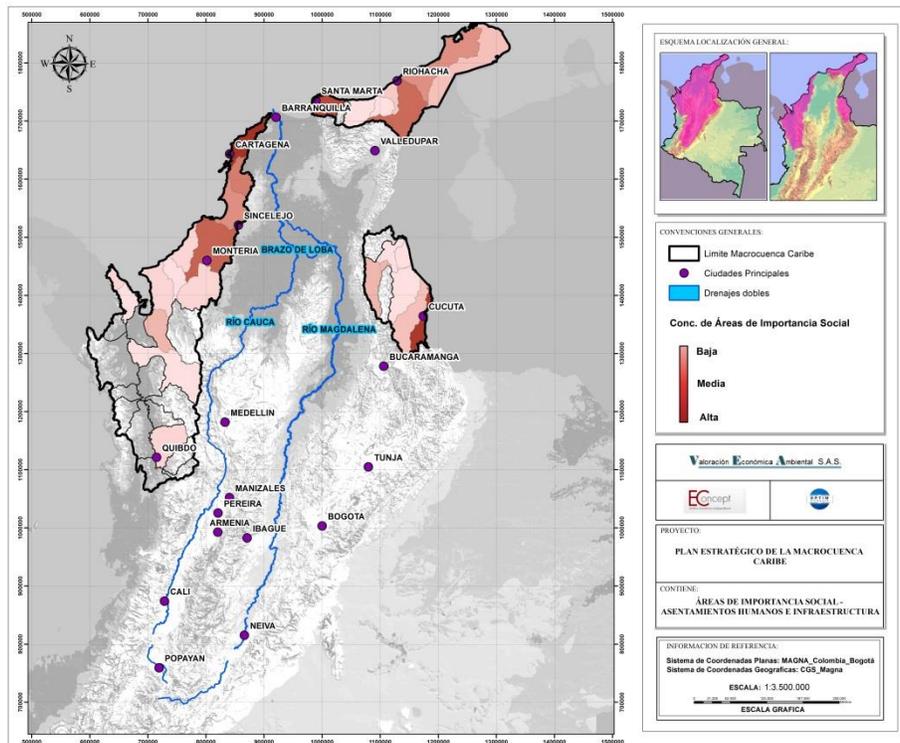
Tabla 3.87. Concentración de áreas de importancia social por subzona hidrográfica dentro de la Macrocuenca Caribe

| SZH | Subzona Hidrográfica | Área (Ha) | % Área total Áreas de importancia social (Ha) |
|------|----------------------------|-----------|---|
| 1401 | Arroyos Directos al Caribe | 9.741 | 19% |
| 1303 | Bajo Sinú | 7.480 | 14% |

| SZH | Subzona Hidrográfica | Área (Ha) | % Área total Áreas de importancia social (Ha) |
|------|--|-----------|---|
| 1601 | Río Pamplonita | 6.358 | 12% |
| 1506 | Río Ranchería | 5.717 | 11% |
| 1507 | Directos Caribe - Ay.Sharimahana Alta Guajira | 4.749 | 9% |
| 1501 | Río Guachaca -Río Piedras - Río Manzanares | 3.637 | 7% |
| 1309 | Directos Caribe Golfo de Morrosquillo | 2.240 | 4% |
| 1508 | Río Carraipía - Paraguachón, Directos al Golfo Maracaibo | 2.070 | 4% |
| 1310 | María la Baja | 1.986 | 4% |
| 1602 | Río Zulia | 1.445 | 2,8% |
| 1201 | Río León | 1.186 | 2% |
| 1605 | Río Algodonal (Alto Catatumbo) | 1.172 | 2% |
| | Otras (20 SZH) | 4.286 | 8% |

Fuente: Cálculos UT Macrocuencas

Ilustración 3.135. Subzonas hidrográficas priorizadas como áreas de importancia social.



Fuente: Cálculos UT Macrocuencas

3.5.9 Navegabilidad

En la Macrocuenca Caribe la navegabilidad es una actividad de vital importancia para el desarrollo económico del país. Los bajos costos asociados al transporte de carga por río, comparados con los costos del transporte por carretera y por vías férreas, ofrecen escenarios optimistas en el campo de competitividad para el sector productivo del país. De acuerdo con cifras oficiales, “la meta cuatrienal del Gobierno Nacional es pasar de 2.61 millones de toneladas de carga por año transportadas a través del río, a 6 millones de toneladas para el año 2014”. (Conpes 3758, 2013).

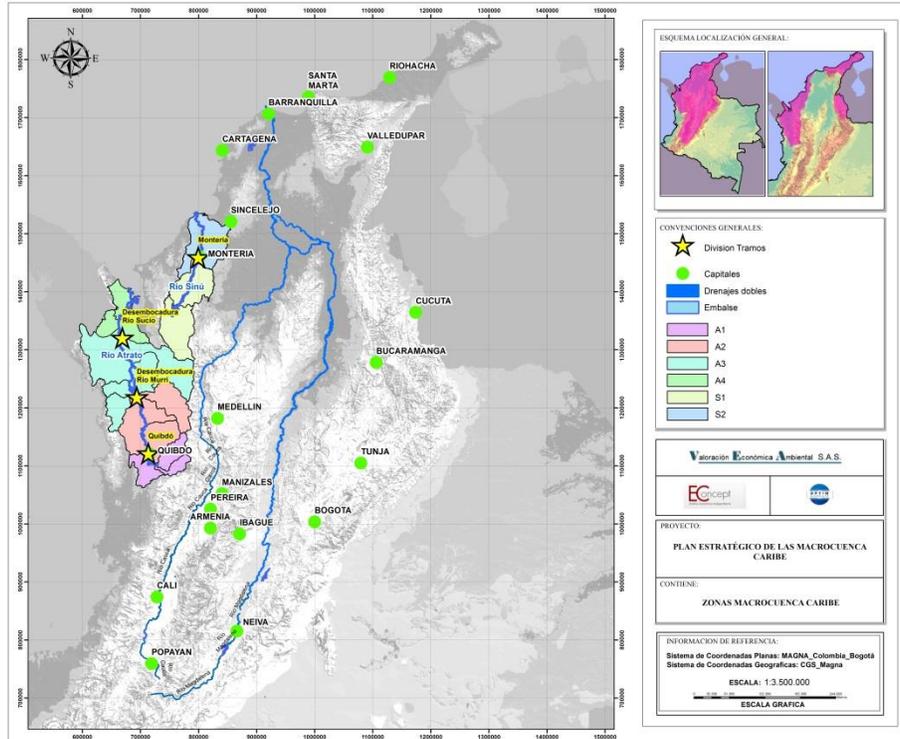
Para propósitos de navegación, marítima o fluvial, el indicador más claro e importante es la profundidad efectiva en el canal navegable frente a los requerimientos de las embarcaciones. La profundidad efectiva es una variable que depende del caudal y las características hidráulicas del cauce, así como de las obras de protección de riberas, obras de control de flujos de verano y dragados complementarios.

En el caso del río Atrato, que tiene una longitud de 750 km y recorre una pequeña extensión del territorio colombiano, 508 km corresponden a tramos con potencial navegable, es decir el 68% de la longitud del río. Sin embargo, el desarrollo de diversas actividades económicas en las subzonas hidrográficas a lo largo de esta arteria fluvial, ha provocado un deterioro en los ecosistemas estratégicos de regulación y en el abastecimiento de las subzonas hidrográficas.

Teniendo en cuenta que para propósitos de navegación, marítima o fluvial, el indicador más claro e importante es la profundidad efectiva, se presenta un análisis de las condiciones de aporte de caudal de cada uno de los tramos del río con potencial de navegabilidad.

Para el análisis de navegabilidad, los ríos Sinú y Atrato se han dividido en tramos. La siguiente ilustración presenta la agregación de subzonas hidrográficas que aportan a cada uno de los 4 tramos del río Atrato y a cada uno de los dos tramos del río Sinú. Estos tramos han sido definidos por su potencial de navegación, sus características topográficas y su importancia agropecuaria.

Ilustración 3.136. Subzonas que aportan a los diferentes tramos de río.



Fuente: UT Macrocuencas con información de IDEAM, 2010

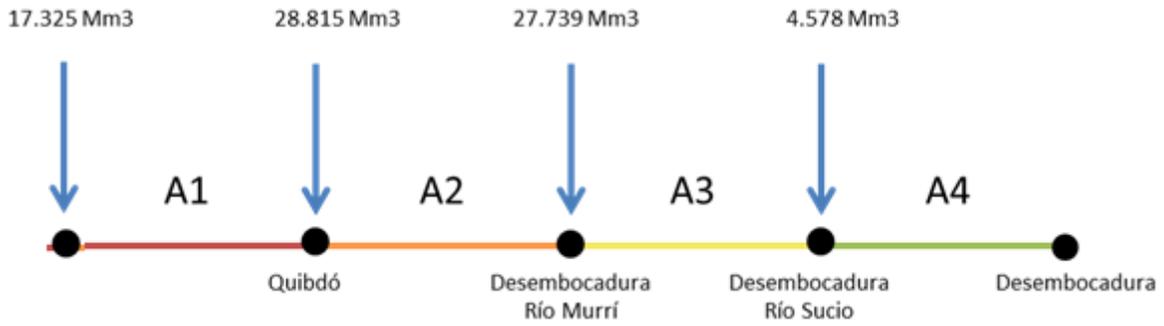
La oferta hídrica de cada subzona es una variable que depende de la interacción entre la precipitación, la temperatura y el índice de retención y regulación hídrica IRH. Este último relacionado con el área con coberturas naturales y el área de la subzona. Así mismo, para determinar las subzonas que al tener cambios en su cobertura, generan un mayor incremento en la oferta hídrica del tramo, se calculó la participación de cada subzona en la oferta hídrica total de cada tramo. En la siguiente tabla se muestra la oferta hídrica aportada por las subzonas a cada tramo, en la columna de oferta acumulada se presenta como se va acumulando a lo largo del río la oferta aportada por las diferentes subzonas y los diferentes tramos.

Tabla 3.88. Oferta hídrica total por tramos

| Río | Tramo de río | Oferta (MMC) | Oferta Acumulada (MMC) | % Oferta tramo/ Oferta Total |
|--------|--------------|--------------|------------------------|------------------------------|
| Sinú | S1 | 6.212 | 6.212 | 80% |
| | S2 | 1.560 | 7.771 | 20% |
| Atrato | A1 | 17.325 | 17.325 | 22% |
| | A2 | 28.815 | 46.140 | 37% |
| | A3 | 27.739 | 73.879 | 35% |
| | A4 | 4.578 | 78.457 | 6% |

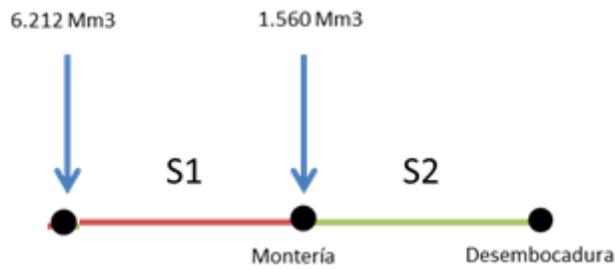
Fuente: UT Macrocuencas con información de IDEAM, 2010

Ilustración 3.137. Aporte de oferta por tramos en el Río Atrato



Fuente: UT Macrocuencas con información de IDEAM, 2010

Ilustración 3.138. Aporte de oferta por tramos en el Río Sinú



Fuente: UT Macrocuencas con información de IDEAM, 2010

El río Atrato se vuelve navegable desde Quibdó que se localiza en el tramo A2 donde, aguas abajo, se encuentra acumulado el 59% de la oferta total del río. Por su parte, el río Sinú es navegable desde Montería que se localiza al inicio del tramo S2 en donde se encuentra acumulado el total de la oferta del río.

3.6 PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO DE TALLERES

De acuerdo a lo establecido en el Artículo 11 del Decreto 1640 de 2012, los Planes Estratégicos constituyen un instrumento de planificación, el cual debe ser formulado de manera participativa, debido a que conforman el *“marco para la formulación, ajuste y/o ejecución de los diferentes instrumentos de política, planificación, planeación, gestión, y de seguimiento existentes.”*

Teniendo en cuenta lo anterior, es necesario generar un espacio de participación en el cual se establezca la interacción con diferentes actores relacionados con la Gestión Integral del Recurso Hídrico. Por consiguiente, se establecieron tres rondas de talleres en las fases II, III y IV del Plan Estratégico.

La primera ronda de talleres que se desarrolló en el marco del proceso de formulación de los Planes Estratégicos (PE) en la fase de diagnóstico, involucró actores clave con alto nivel de conocimiento y decisión acerca del recurso hídrico en la Macrocuenca, con el fin de validar las variables clave identificadas para la misma mediante la información presentada en la Línea Base.

Continuando el proceso de participación de los actores clave, para la fase de Análisis Estratégico, se llevó a cabo la segunda ronda de talleres. Según los lineamientos del Decreto 1640 de 2012 y lo determinado por (ASOCARS, 2012), los objetivos de éstos talleres se mencionan a continuación.

- Concertar el desarrollo deseado de la Macrocuenca.
- Concertar la zonificación (Priorización de subzonas) ambiental y objetivos de calidad en los principales ríos o cuerpos de agua, que permitan alcanzar el desarrollo deseado de la Macrocuenca.
- Concertar los principales usos y criterios de calidad, cantidad y disponibilidad de agua (caudal ambiental) en los grandes tramos de los ríos Atrato y Sinú.
- Ampliar y consolidar el grupo de acompañamiento y análisis del proceso de formulación de los planes estratégicos.
- Desarrollar un análisis temático orientado a priorizar y precisar temas que sirvan para la construcción de los lineamientos estratégicos.
 - Las agendas de los actores claves en cada temática.
 - Repertorio de acciones para avanzar en las agendas.
 - Percepción del impacto que pueden tener las acciones de otros actores sobre sus propios objetivos.

De otra parte, el Decreto 1640 de 2012 determina que el enfoque de los PE debe ser nacional y de largo plazo. Esto implica que en los talleres se deben abordar conflictos y oportunidades con implicaciones a escala de la Macrocuenca, dejando el detalle de conflictos locales a otros instrumentos y espacios tales como los POMCAS, POT, entre otros.

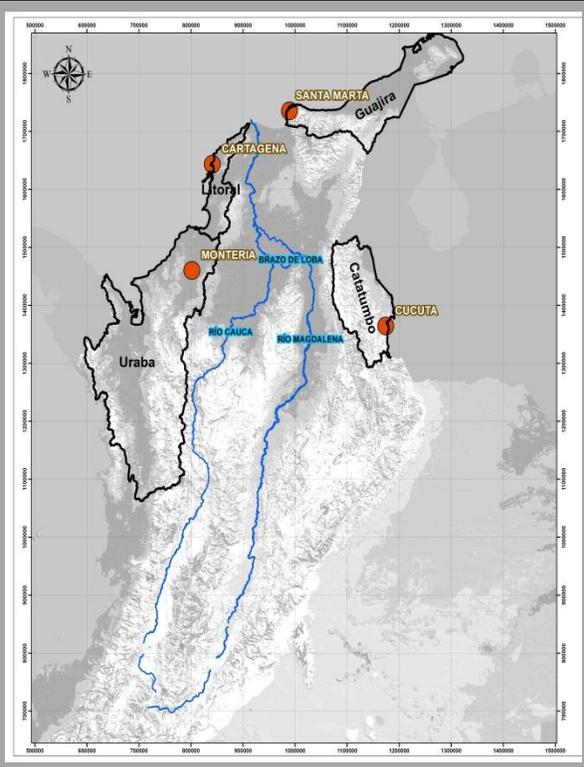
Con relación al desarrollo de los talleres, de acuerdo a lo establecido por (ASOCARS, 2012), se realiza un taller por cada zona hidrográfica de la Macrocuenca. Por lo anterior, se llevan a cabo cuatro talleres.

La selección de las ciudades en las cuales se desarrollaron los talleres, se basó en el criterio de selección de la primera ronda (población, movilidad, acceso, entre otros). Así mismo, las fechas para llevar a cabo los cuatro talleres se plantearon de tal manera que entre las rondas de talleres, exista un tiempo apropiado para llevar a cabo la etapa de análisis de los mismos y se lleven a cabo los cambios y ajustes pertinentes.

Las ciudades y fechas seleccionadas para la segunda ronda de talleres, se presentan en la Tabla 3.89.

Tabla 3.89. Desarrollo Segunda Ronda de Talleres.

| Macrocuenca | Zona | Ciudad | Fecha Taller |
|-------------|-----------|-------------|-----------------------|
| Caribe | Urabá | Montería | Septiembre 13 de 2013 |
| Caribe | Guajira | Santa Marta | Septiembre 18 de 2013 |
| Caribe | Litoral | Cartagena | Septiembre 20 de 2013 |
| Caribe | Catatumbo | Cúcuta | Septiembre 27 de 2013 |



Fuente: UT Macrocuencas

Con relación a la convocatoria de la segunda ronda de talleres, se tuvo en cuenta la base de datos de los invitados, asistentes y actores sugeridos por los mismos, con el fin de tener una convocatoria estratégica en cuanto a los participantes y los contenidos abordados. Por lo anterior, en la segunda ronda de talleres, estaban representadas las cuatro dimensiones de la gobernanza del agua: la dimensión Económica con actores asociados a organismos administrativos, organizaciones gremiales de los sectores productivos, entre otros, la dimensión Ambiental, la cual se relaciona con actores tales como las autoridades ambientales e Instituto de Investigación, la dimensión Social, que involucra a actores de la comunidad, Organizaciones de la sociedad civil, entre otros y la dimensión Político Administrativa con entes gubernamentales, ministerios, etc. Adicionalmente, se involucran actores de Organizaciones Internacionales que complementan la dinámica integral de los talleres.

La metodología de convocatoria se llevó a cabo mediante el siguiente proceso:

Ilustración 3.139. Metodología de Convocatoria.



Fuente: UT Macrocuencas

1. Lista de actores según la dimensión de la Gobernanza del agua.

El proceso de selección de los actores invitados a los talleres, se realizó con base en los actores clave invitados y asistentes de la primera ronda de talleres.

2. Desarrollo de la base de datos con la información de contacto de los actores seleccionados.

En esta etapa se identifican las direcciones para enviar las invitaciones, los teléfonos de contacto de los actores seleccionados y correos electrónicos, de los nuevos actores incluidos y se confirman los datos de los actores de la primera ronda, de tal manera que el proceso de comunicación entre los actores y el equipo consultor sea fluido y constante.

3. Envío de cartas de invitación por medio físico.

Teniendo en cuenta los datos de contacto de los actores, se procede a enviar las invitaciones firmadas por el representante del MADS en la Dirección de Gestión de Recurso Hídrico. Lo anterior se realiza con el tiempo necesario para que los actores reciban las cartas y organicen sus agendas para asistir al taller.

4. Envío de cartas de invitación por medio electrónico.

Esta etapa se realiza de forma paralela a la etapa anterior, con el fin de garantizar que los actores reciban la invitación y tenga fácil acceso a los datos relacionados con el desarrollo del taller.

5. Confirmación por vía telefónica de que el actor recibió la invitación.

Teniendo en cuenta los posibles retrasos en la entrega física de las invitaciones o inconvenientes en el envío electrónico. Se realiza un proceso de confirmación con los actores para asegurar que están enterados del taller. En los casos en los que hubo problemas recibiendo la invitación, se realiza un paso adicional en el cual se reenvía la invitación.

6. Confirmación de asistencia al taller por vía telefónica.

Finalmente, se realiza un proceso intensivo de confirmación, en los cuales se busca que la entidad cuente con mínimo un delegado para participar en el taller. En esta etapa se realizan en promedio,

mínimo tres llamadas por actor, lo que indica que por taller se realizan aproximadamente cien llamadas. Así mismo, aproximadamente un 20% de los actores que confirman asistencia no asisten al taller.

Los asistentes de acuerdo a las dimensiones de la Gobernanza del Agua en los seis talleres realizados en la Macrocuena Caribe se presentan a continuación.

Para el taller de la zona de Urabá planeado en la ciudad de Montería, se presentan los asistentes en la siguiente tabla.

Tabla 3.90. Actores Asistentes Taller Urabá – Montería

| Dimensión Gobernanza del Agua | Actor |
|--|---|
| Dimensión Ambiental | ASOCARS |
| | Corporación Autónoma Regional De Los Valles Del Sinú Y Del San Jorge – CVS |
| | Corporación Autónoma Regional Del Río Grande De La Magdalena - Cormagdalena |
| | CORPOURABA |
| | MADS |
| | Parque Nacional Natural |
| Dimensión Económica | Cámara De Comercio |
| | Proactiva Aguas de Montería SA ESP |
| | Urrea S.A. |
| Dimensión Política Administrativa | Alcaldía De Cereté |
| | Alcaldía De Montería |
| | Alcaldía De Montería –Secretaría de Planeación |
| | Contraloría Departamental |
| | Gobernación De Córdoba - Depto. Administrativo De Planeación |
| Dimensión Social | Augura Asociación de Bananeros de Colombia |
| | La Asociación De Productores Para El Desarrollo Comunitario De La Ciénaga Grande Del Bajo Sinú - Asprocig |
| | Universidad Pontificia Bolivariana |

Fuente: UT Macrocuencas

Teniendo en cuenta lo anterior, se observa que se cuenta con la participación de actores pertenecientes a las cuatro dimensiones de la Gobernanza del Agua.

Para el taller de Santa Marta se contó con la participación de los siguientes actores clave.

Tabla 3.91. Actores Asistentes Taller Guajira – Santa Marta

| Dimensión Gobernanza del Agua | Actor |
|--|------------------|
| Dimensión Ambiental | ASOCARS-Corpamag |

| Dimensión Gobernanza del Agua | Actor |
|--|--|
| | ASOCARS – Corpoguajira |
| | Corporación Autónoma Regional Del Magdalena – Corpamag |
| | MADS |
| | INVEMAR |
| Dimensión Económica | Parque Nacional Natural |
| | Ecopetrol |
| | Federación Nacional Cafeteros |
| | Metro Agua S.A - Acueducto Y Alcantarillado Metropolitano De (Santa Marta) |
| Dimensión Político Administrativa | Sociedad Portuaria De Santa Marta |
| | Gobernación Del Magdalena |
| Dimensión Social | Fundación Calipso |
| | Fundación Pro-Sierra Nevada De Santa Marta |
| | Universidad Del Magdalena |

Fuente: UT Macrocuencas

Teniendo en cuenta la convocatoria para el taller de la Guajira, se observa que existe una alta representación de la dimensión económica y de la dimensión ambiental.

Con relación al taller de Litoral en la ciudad de Cartagena, se presentan los actores asistentes.

Tabla 3.92. Actores Asistentes Taller Litoral – Cartagena.

| Dimensión Gobernanza del Agua | Actor |
|--|--|
| Dimensión Ambiental | Corporación Autónoma Regional Del Canal Del Dique – Cardique |
| | MADS |
| | IDEAM |
| | Parques Nacionales Naturales |
| Dimensión Económica | Aguas De Cartagena |
| | Cotecmar |
| | Ecopetrol |
| | Sociedad Portuaria Regional De Cartagena (Sprc) |
| Dimensión Político Administrativa | Secretaría De Planeación |
| | UMATA |
| | Dimar |
| Dimensión Social | Gobernación De Bolívar |
| | Fundación promotora Canal del Dique |

Fuente: UT Macrocuencas

Con base en las tablas anteriores se evidencia la representación de todas las dimensiones de la Gobernanza del Agua.

Para el taller de Cúcuta los siguientes actores asistieron.

Tabla 3.93. Actores Asistentes Taller Catatumbo – Cúcuta

| Dimensión Gobernanza del Agua | Actor |
|--|---|
| Dimensión Ambiental | Corporación Autónoma Regional De La Frontera Nororiental – Corponor |
| | MADS |
| | ASOCARS |
| Dimensión Económica | Aguas Kpital Cúcuta S.A E.S.P |
| | Suinco del Norte |
| | Ecopetrol |
| | Consejo Cuenca Río Pamplonita |
| | ASOPALCAT |
| Dimensión Político Administrativa | Alcaldía De Cúcuta |
| | UNGRD |
| | Secretaría Aguas departamental |
| | Unidad Administrativa para la Consolidación Territorial |
| Dimensión Social | Universidad De Pamplona |
| | Universidad Santo Tomás |
| | Universidad Francisco de Paula Santander |

Fuente: UT Macrocuencas

Teniendo en cuenta lo anterior, se observa que se contó con la participación de actores pertenecientes a las cuatro dimensiones de la Gobernanza del Agua.

A continuación se presenta un balance de los cuatro talleres realizados, según número de invitados y asistentes.

Tabla 3.94. Balance de asistencia de los talleres realizados en la Macrocuena Caribe.

| Ciudad | Entidades Invitadas | Entidades Asistentes | Personas asistentes |
|---------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| Cartagena | 48 | 13 | 26 |
| Cúcuta | 72 | 15 | 22 |
| Santa Marta | 41 | 14 | 18 |
| Montería | 35 | 17 | 25 |
| Total | 196 | 59 | 91 |

Fuente: UT Macrocuencas

De otra parte, para establecer la metodología de taller, se tiene en cuenta lo planteado en la Estrategia de Negociación, los objetivos mencionados de la Segunda Ronda de Talleres y la revisión bibliográfica de documentos en los que el MADS ha desarrollado participativamente la temática de la gestión integral de los recursos hídricos, tales como:

- Aportes a la construcción de la política nacional hídrica: Taller comunidades Indígenas (agosto de 2009).

- Memoria de Taller encuentro con el IDEAM (agosto de 2009).
- Plataforma de Dialogo – La resolución de conflictos en la gestión integral del recurso hídrico (marzo de 2009).
- Memoria del taller intersectorial para la formulación de la política hídrica nacional (junio de 2009).
- Memoria del taller interinstitucional de planeación y administración del recurso hídrico con la participación de las Corporaciones Autónomas Regionales (junio de 2009).
- Taller Gestión del riesgo y política hídrica nacional (julio de 2009)
- Memoria del taller “Encuentro de representantes de pueblos indígenas en torno a la construcción de la política hídrica nacional”
- Taller “La resolución de conflictos en la gestión integral del recurso hídrico” MAVDT (2009)
- MAVDT. (2010). Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico.
- ANDESCO. (2010). Propuesta para el buen gobierno del agua.
- MAVDT, Grupo Hídrico, Encuestas a Autoridades Ambientales sobre Conflictos por Agua, Año 2008.
- Quinaxi, —Gestión Integrada del Recurso Hídrico en Colombia – Propuesta de Hoja de Ruta , 2007

Como resultado del análisis anterior, se determina la siguiente Ruta Crítica.

Momento 1: Presentación Introducción.

El objetivo de este momento es contextualizar a los asistentes al taller en el proceso de formulación del plan estratégico, se hace énfasis en las fases del proceso y los espacios de disertación y construcción de consensos en las regiones y a nivel central. Durante esta presentación se aclaran las reglas de juego para el desarrollo del taller, explicando cuidadosamente en qué consisten las actividades a desarrollar durante el día.

Momento 2: Presentación para Motivar el Ejercicio de las Mesas de Trabajo.

Durante este momento se motiva la realización de las mesas de trabajo presentando el proceso de modelación y los resultados del mismo. La presentación tiene por objeto aclarar el origen de la información sobre escenarios de desarrollo que se someterá a discusión en las mesas de trabajo.

La presentación tiene contenido para explicar los subsistemas que componen el modelo de dinámica de sistemas y para analizar en cada uno de los subsistemas las variables determinantes, de relevo, objetivo, resultado, palancas secundarias y variables reguladoras. Se explican las relaciones prioritarias entre los subsistemas para la planeación estratégica.

Seguidamente durante esta presentación se muestran los intereses de planeación estratégica en cada una de las temáticas seleccionadas, este punto busca preparar a los diferentes actores clave para que desde sus puntos de vista e interés aborden la discusión en las mesas de trabajo.

Momento 4: Mesas temáticas de trabajo.

Durante este momento los participantes organizados en cuatro grupos (cada uno de los intereses de las dimensiones de la gobernanza del agua), trabajarán las temáticas teniendo como base el documento de análisis. Al final de cada discusión en la mesa temática el anfitrión plantea preguntas específicas sobre la agenda de los actores claves respecto a las temáticas y sobre las posibilidades de acción cuando estas no hayan sido reveladas en la discusión.

Momento 6: Plenaria y Conclusiones.

Durante este momento se exponen en plenaria las conclusiones recopiladas en cada una de las temáticas, así mismo reciben observaciones de precisión o cambio sobre dichas conclusiones. La idea de este momento es que la recopilación sea validada por la totalidad de asistentes y los temas técnicos, políticos y procedimentales relacionados con la discusión queden plasmados de forma adecuada en las memorias del taller.

Así mismo, como material de apoyo en el desarrollo de la ruta crítica del taller de análisis estratégico, se utilizan los siguientes instrumentos.

- Documentos temáticos
- Catálogo de subzonas
- Formato de análisis

Los actores clave organizados en los cuatro grupos de los intereses de las dimensiones de la gobernanza del agua, analizan cinco documentos temáticos relacionados con los siguientes objetivos de la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico: “Oferta hídrica”, “Demanda”, “Calidad”, “Riesgo” y “Gobernanza”, el cual se integra transversalmente a las primeras cuatro temáticas. Con base en estas temáticas, se establecieron intereses estratégicos a partir de los cuales se realizarán las discusiones y análisis.

Las temáticas e intereses descritos en la sección 3.2 “Modelo Integrado de Dinámica de sistemas de la Macrocuenca”, se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 3.95. Documentos Temáticos e intereses estratégicos.

| Temática | Interés Estratégico |
|----------------|---|
| Oferta Hídrica | <ul style="list-style-type: none">✓ Productividad por unidad de área agrícola y Pecuaria.✓ Expansión de la Frontera Agrícola y Pecuaria.✓ Cambio de Cobertura Natural de las Subzonas Estratégicas. |
| Demanda | <ul style="list-style-type: none">✓ Reducción de Pérdidas Técnicas Sistemas de Abastecimiento.✓ Uso eficiente en el Sector Industrial, Domestico y Agropecuario.✓ Soluciones de Abastecimiento (Almacenamiento, trasvase, etc.)✓ Localización de la Actividad Agrícola y Pecuaria. |
| Calidad | <ul style="list-style-type: none">✓ Control de Vertimientos agrupaciones Industriales.✓ Soluciones de Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas. |

| Temática | Interés Estratégico |
|------------|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Contaminación difusa. ✓ Control de Vertimientos Industria Minera. |
| Riesgo | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Localización de los Asentamientos Humanos. ✓ Cobertura Natural de las zonas activas y rondas hídricas. ✓ Regulación hidráulica en infraestructura de almacenamiento. |
| Gobernanza | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Coordinación institucional, gremial y de actores sociales. ✓ Seguimiento y monitoreo del plan estratégico. ✓ Reducción de conflictos alrededor del recurso hídrico. |

Fuente: UT Macrocuencas.

De otra parte, el catálogo de subzonas consiste en un libro que contiene el mapa general de la Macrocuenca y la ubicación por código de las subzonas hidrográficas, lo cual les permite a los actores clave espacializar sus intereses estratégicos según subzonas hidrográficas. Adicionalmente, cada subzona hidrográfica presenta información de población, PIB industrial, área agropecuaria, área natural protegida, entre otros, con el fin de contextualizar más detalladamente al actor clave.

Con relación a los formatos de análisis, para cada temática se realiza un formato con los intereses estratégicos descritos previamente, de tal manera que cada actor clave ubique sus intereses dentro del marco de análisis de los talleres y realice la espacialización mencionada anteriormente.

Un ejemplo del formato de análisis de la temática de “Calidad” se presenta a continuación.

Ilustración 3.140. Ejemplo de formato de análisis de la temática “Calidad”.

| Calidad del Recurso Hídrico | | Tipo de Actor Clave _____ | |
|--|---|---------------------------|---|
| Interés Estratégico | Agenda/Plan de actor clave | Subzonas Prioritarias | ¿Qué facilita o dificulta el alcance del interés estratégico? |
| Control de vertimientos industria manufacturera <u>¿Cómo debería ser?</u> | ¿Cómo me afecta el alcance del interés estratégico? ¿Cómo afecta el alcance del interés estratégico? | | ¿Qué facilita el alcance del interés estratégico? ¿Qué dificulta el alcance del interés estratégico? |
| Control de vertimientos industria minera <u>¿Cómo debería ser?</u> | ¿Cómo me afecta el alcance del interés estratégico? ¿Cómo afecta el alcance del interés estratégico? | | ¿Qué facilita el alcance del interés estratégico? ¿Qué dificulta el alcance del interés estratégico? |
| Otros Intereses Estratégicos: | ¿Cómo me afecta el alcance del interés estratégico? ¿Cómo afecta el alcance del interés estratégico? | | ¿Qué facilita el alcance del interés estratégico? ¿Qué dificulta el alcance del interés estratégico? |

Fuente: UT Macrocuencas

Finalmente, para incorporar los resultados en el desarrollo del Plan Estratégico, se tiene en cuenta la revisión bibliográfica de los documentos mencionados anteriormente y las memorias de taller presentadas en el Anexo 1. Lo anterior, con el fin de validar la información desarrollada en la fase de análisis estratégico.

3.7 CONCLUSIONES

La fase de Análisis Estratégico corresponde a la tercera fase en el desarrollo del Plan Estratégico de la Macrocuenca. En esta fase se llevaron a cabo 6 objetivos principales: La construcción del modelo de desarrollo de la Macrocuenca; la modelación de las dinámicas y factores claves que resultan centrales dentro de la Macrocuenca; la modelación de los escenarios tendenciales para los factores claves; el cálculo y análisis de los principales indicadores del recurso hídrico; el desarrollo de la zonificación ambiental, y finalmente, la concertación de los principales usos y criterios de calidad, cantidad y disponibilidad del recurso hídrico.

El modelo de desarrollo, el cual se describió en el capítulo 2, fue creado bajo consenso con los principales actores claves, expertos en las diferentes temáticas y la información recolectada por la página web, lo cual permitió abordar desde las diferentes perspectivas la situación actual de la Macrocuenca. En este orden de ideas, se identificaron intereses estratégicos sobre las temáticas de oferta, calidad, demanda y riesgo que ayudaron a la construcción de la proyección factible que se desea para la Macrocuenca a largo plazo.

De otra parte, durante el desarrollo del modelo de dinámica de sistemas se integraron las variables claves identificadas a partir de la fase de diagnóstico y se agruparon en 9 subsistemas: Doméstico, Agropecuario, Industria Manufacturera, Industrial Minero, Hidrogeneración, Navegabilidad, Riesgo, Socio Político y Conservación, lo cuales abarcan las cuatro dimensiones de la gobernanza del agua. Dicho modelo permitió el análisis de influencia de las variables clave y a partir de esto se identifican los intereses estratégicos de cada temática.

Los escenarios tendenciales de las variables clave constaron de simulaciones para el caso probable, optimista y pesimista en donde se modificaron las variables con el fin de alcanzar el modelo deseado. Las proyecciones se realizaron hasta el año 2050 dado que ese año representa el período de alcance del proyecto. Con base en estas proyecciones se realizó un análisis detallado de cada variable, el cual adicionalmente, se ilustró cartográficamente.

El cálculo y análisis de los indicadores del recurso hídrico se desarrolló a nivel de Macrocuenca y permitió identificar variables clave en términos de recursos naturales renovables, gestión integral del recurso hídrico y alternativas de mejora ante las condiciones actuales.

Se hizo la zonificación ambiental a partir de los resultados obtenidos en la modelación de escenarios y dinámicas de las variables clave, identificando las zonas con prioridad en torno a los intereses estratégicos previamente establecidos y los usos en los grandes tramos de los ríos de la Macrocuena. Dicha zonificación se reflejó de manera cartográfica por subzona hidrográfica.

Finalmente, en los anexos se encuentran las memorias de los talleres realizados en esta fase de Análisis Estratégico y los cuales sirvieron como instrumento de apoyo para la creación del modelo de desarrollo. Así mismo, se encuentran el manual del modelo de dinámica de sistemas integrado y la memoria técnica. En el manual se desarrollan las secciones correspondientes a: Descripción y fundamentos teóricos que soportan el modelo; requerimientos técnicos y tecnológicos para usar el modelo; protocolos de uso e interpretación del modelo y finalmente los formatos para ingresar la información al modelo. Por su parte, la memoria técnica contiene la descripción detallada de las ecuaciones que caracterizan los 9 diferentes submodelos.

3.8 GLOSARIO.

Escasez por contaminación: Es la escasez que resulta de la imposibilidad de usar el agua como consecuencia de los vertimientos urbanos, industriales y del sector agrícola; con especial énfasis en la limitación del consumo doméstico.

Escasez por consumo y competencia: Es la escasez que resulta cuando la demanda de agua para consumo humano, industrial, agrícola, etc. supera la oferta, ya sea por limitaciones naturales o por un uso ineficiente del agua.

Escasez por modificaciones estructurales al sistema hidrológico/ecológico: Es la escasez que resulta de impacto de intervenciones tales como represamientos, desviaciones y trasvases, que disminuyen el caudal disponible para diferentes usos (ej. consumo doméstico, industrial, agrícola, navegabilidad, caudal ecológico, etc.).

Escasez por infraestructura: Es la escasez que resulta por la incapacidad de aprovechar fuentes naturales de agua que están disponibles con relativa facilidad (es decir, sin requerir para su acceso megaproyectos de ingeniería con costo prohibitivo), por falta de infraestructura básica de acueducto, conducción, etc.

Huella hídrica verde: El volumen de agua lluvia que se almacena en los estratos superficiales del suelo y eventualmente se transpira por la vegetación o se evapora directamente, sin convertirse en escorrentía.

Huella hídrica azul: se refiere al consumo de los recursos de agua superficial y subterránea a lo largo de la cadena de suministro de un producto. Se refiere al consumo de agua disponible,

superficial o subterránea, a causa de una captación para un fin determinado. Las pérdidas se producen cuando el agua se evapora, vuelve a otra área de influencia o en el mar o se incorporen a un producto.

Huella hídrica gris: se refiere a la contaminación y se define como el volumen de agua dulce que se requiere para asimilar la carga de contaminantes hasta concentraciones naturales y según las normas de calidad ambiental.

Agua Virtual: el volumen de agua necesario para producir un producto o servicio. En el caso de los productos agrícolas, se mide en m³ por tonelada.

3.9 BIBLIOGRAFÍA.

Convenio 336, UN-DNP NO. (2011). *ESTUDIOS, ANALISIS Y RECOMENDACIONES PARA EL ORDENAMIENTO AMBIENTAL Y EL DESARROLLO TERRITORIAL DE LA MOJANA.*

336, C. U.-D. (2011). *ESTUDIOS, ANALISIS Y RECOMENDACIONES PARA EL ORDENAMIENTO AMBIENTAL Y EL DESARROLLO TERRITORIAL DE LA MOJANA.* .

A menos biodiversidad, más enfermedades infecciosas. (2010). *Nature.*

Africano, P. L. (2002). *PROPUESTA DE PREVENCIÓN Y MANEJO DE LA CONTAMINACIÓN POR MERCURIO EN LA REGIÓN DE LA MOJANA.* Bogotá: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

AGRONET. (s.f.). Recuperado el 2012, de www.agronet.gov.co

AGRONET. (s.f.). Obtenido de <http://www.agronet.gov.co/agronetweb1/Estad%C3%ADsticas.aspx>

AGRONET. (2011). *Sistema de Estadísticas Agropecuarias - SEA.* Recuperado el 08 de Junio de 2013, de Producción Agrícola por Departamento: <http://www.agronet.gov.co/agronetweb1/Estad%C3%ADsticas.aspx>

AGRONET. (2012). *Sistema de Estadísticas Agropecuarias - SEA.* Recuperado el 08 de Junio de 2013, de Producción Agrícola por Departamento: <http://www.agronet.gov.co/agronetweb1/Estad%C3%ADsticas.aspx>

Aguas de Manizales S.A E.S.P. (s.f.). Recuperado el 2013, de <http://www.aguasdemanizales.com.co/AguasdeManizales/LaEmpresa/Nuestrasdependencias/SubgerenciaT%C3%A9cnica/Tratamiento/tabid/894/Default.aspx>

Aguas Kpital Cúcuta S.A E.S.P. (2011). *Plan de Contingencia: Eventos Naturales que afecten la prestación del servicio.*

Alberich, T., Basagoiti, M., Bru, P., & et al. (s.f.). *Manual de Metodologías Participativas.*

Alcaldía de Cúcuta. (2012). *Plan de Ordenamiento Territorial POT.* Cúcuta.

Alcaldía de Santiago de Cali. (2011). *Cali en Cifras 2011.* Santiago de Cali.

Alcaldía de Santiago de Calí. (s.f.). *Cali busca recuperar la vida del río Cauca, con proyecto en la Ptar de Cañaveralejo.* Recuperado el 21 de Febrero de 2013, de 2012: <http://www.cali.gov.co/publicaciones.php?id=46967>

Alcaldía Municipal de Santa Marta. (s.f.). *Plan de Ordenamiento Territorial.* Recuperado el 2013, de <http://www.santamarta-magdalena.gov.co/nuestromunicipio.shtml?apc=myxx-1-&m=d>

Alianza por el agua. (2007). *Manual de depuración de aguas residuales urbanas.*

- AMVA. (2012 - 2015). *Plan de Gestión -PURA VIDA- Área Metropolitana Valle de Aburrá*. Medellín: PURA VIDA.
- ANDESCO. (2006). *Aspectos para analizar en las reformas de segunda generación del Regimen de servicios publicos domiciliarios*. Bogotá D.C.
- ANH. (2013). *Agencia Nacional de Hidrocarburos* . Obtenido de Cifras y Estadísticas : <http://www.anh.gov.co/es/index.php?id=8>
- ANH. (25 de Julio de 2013). *Mapa de Tierras*. Recuperado el 08 de 08 de 2013, de <http://www.anh.gov.co/es/index.php?id=1>
- ANH. (s.f.). *Agencia Nacional de Hidrocarburos* . Recuperado el Julio de 2013, de <http://www.anh.gov.co/es/index.php?id=10>
- ANH,ANDI. (2009). *Estudio de demanda y oferta de bienes y servicios del sector hidrocarburos 2009-2010*. Bogotá,Colombia.
- Arcade, J., Godet, M., Meunier, F., & Roubelat, F. (s.f.). *Structural analysis with the MICMAC method & Actors' strategy with MACTOR method*. Recuperado el 2013, de AC/UNU Millennium Project: Futures Research Methodology: <http://www.lampsacus.com/documents/MICMACMETHOD.pdf>
- Arévalo, A. (2012). *Conceptualización y aplicación del indicador internacional de escasez de agua y pobreza (Water Poverty Index) en las subzonas hidrográficas de Colombia*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - Dirección de Gestión Integral del Recurso Hídrico .
- Asocaña. (2011-2012.). *Informe Anual*.
- ASOCAÑA. (2012). *El sector azucarero colombiano en la actualidad*. Recuperado el 21 de Agosto de 2013, de <http://www.asocana.org/publico/info.aspx?Cid=215>
- ASOCARS. (2012). *TÉRMINOS DE REFERENCIA PARA LA CONTRATACIÓN DE UNA PERSONA JURIDICA PARA QUE FORMULE LOS PLANES ESTATEGICOS DE LAS MACROCUENCAS MAGDALENA CAUCA Y CARIBE*. Bogotá.
- ASOCARS. (2012). *TÉRMINOS DE REFERENCIA PARA LA CONTRATACIÓN DE UNA PERSONA JURIDICA PARA QUE FORMULE LOS PLANES ESTATEGICOS DE LAS MACROCUENCAS MAGDALENA CAUCA Y CARIBE*. Bogotá.
- Aylward, B., Seely, H., Hartwell, R., & Dengel, J. (2010). *The Economic Value of Water for Agricultural, Domestic and Industrial Uses: A Global Compilation of Economic Studies and Market Prices*.
- Banco de la República . (2012).
- Banco Mundial . (2010). *World Development Indicators* .

- Banco Mundial. (2011). *IDH: Naciones Unidas-Consumo Anual Per Cápita de Electricidad*.
- Banco Mundial. (2012). *PIB per cápita (\$ a precios internacionales actuales)*. Obtenido de <http://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP.PCAP.PP.CD>
- BID. (2012). *Misión Gobernanza del Agua "Gestión integrada y adaptativa de recursos hídricos en Colombia", Primer Informe Técnico*. Bogotá: Agencia Presidencial para la Cooperación Internacional, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Departamento nacional de Planeación.
- BMC. (2013). *Bolsa Mercantil de Colombia*. Obtenido de <http://www.bna.com.co/>
- Bordoy, J., Ferrer, T., Garcies, L., Lirola, V., & Molinos, F. (2006). Recuperado el 05 de Julio de 2013, de <http://elclima.esparatodos.es/hadcm3/index.htm>
- Bravo Borda, D. (2011). *Saneamiento de la Cuenca Medio del Río Bogotá - Perspectiva actual*. Bogotá.
- Briscoe, J. (1996). *Water as an Economic Good: The Idea and What It Means in Practice*. Cairo.
- Bruinsma, J. (26 de Junio de 2009). How to Feed the World in 2050. *The Resource Outlook to 2050: By how much do land, water and crop yields need to increase by 2050?* Roma.
- Bureau of Labor Statistics . (2013). *Inflation Calculator*.
- Buytaert, W., Célleri, R., De Bievre, B., & Cisneros, F. (2006). Human impact on the hydrology of the Andean Paramos. *Earth Science Review*(79), 53-72.
- Cai, X., McKinney, D., & Lasdon, L. (2003). Integrated Hydrologic-Agronomic-Economic Model for River Basin Management. *Journal of Water Resources Planning and Management*.
- Candelo, C., Ortiz, G., & Unger, B. (2003). *HAcer Talleres: Una guía práctica para capacitadores*.
- CAR. (2006). *Guía para la Formulación del Programa de Uso Eficiente y Ahorro Del Agua para los Usos Representativos del Recurso Hídrico en la jurisdicción CAR*. Bogotá.
- CAR, C. A. (2010). *INFORME DEL RECORRIDO POR EL RÍO BOGOTÁ, PARA LA IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS EN SU DINÁMICA HIDRÁULICA*. Bogotá.
- Cardona Gallo, M. M. (2007). *Ordenamiento y manejo integral del territorio metropolitano del Valle de Aburrá, con énfasis en el recurso agua*. Medellín.
- Caro, C. (2003). *Modelación y cuantificación del efecto de la vegetación en la respues hidrológica de cuencas*. Bogotá: Universidad de los Andes.
- CCI. (s.f.). Obtenido de <http://www.cci.org.co/ccinew/index.html>
- Cenicafé. (2011). *Productividad potencial del Café - Estado actual y perspectivas*.

- Centro de Investigaciones en Ingeniería Ambiental, C. (s.f.). *NIVEL DE CONTAMINACION POR METILMERCURIO EN LA REGION DE LA MOJANA*. . Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental. Universidad de los Andes.
- CEPAL. (29 de 08 de 2012). *CEPAL*. Recuperado el 16 de 02 de 2013, de CEPAL: <http://www.cepal.org/publicaciones/xml/0/47330/OlainvernalColombia2010-2011.pdf>
- CEPAL;BID. (2012). *Valoración de daños y pérdidas Ola Invernal 2010-2011*.
- CEPAL;BID. (s.f.). *Valoración de daños y pérdidas Ola Invernal 2010-2011*.
- CGR. (2010). *Valoración de Costos Ambientales Asociados al Uso del Suelo en el Páramo de Rabanal. Una aplicación del enfoque de la función de daño*.
- Comisión de regulación de agua potable y saneamiento básico. (2005). descripción del sector de acueducto y alcantarillado. *Regulación de agua potable y saneamiento básico. Revista No. 15, 15-16*.
- Comisión Permanente del Pacífico Sur. (2012). *Valoración Económica de la Reserva Nacional de San Fernando, Perú*. Recuperado el 2013, de <http://cpps.dyndns.info/cpps-docs-web/direconom/2012/taller-val-jun/present/peru-2012-resultados-RNSF.pdf>
- Conpes 3463. (s.f.). Obtenido de <https://www.dnp.gov.co/Portals/0/archivos/documentos/Subdireccion/Conpes/3463.pdf>
- (2013). *Conpes 3758*.
- CONPES3320. (2005). *Estrategia para el Manejo Ambiental del Río Bogotá*. Bogotá.
- CONPES3320. (2005). *Estrategia para el Manejo Ambiental del Río Bogotá*. Bogotá.
- CORMAGDALENA. (2009). *Informe final plan de manejo de la cuenca del río Magdalena - Cauca - Cuarta Fase - Parte I*.
- CORMAGDALENA. (2010). *Empresas Fluviales*. Barrancabermeja.
- CORMAGDALENA. (s.f.). *Datos Estadísticos del Transporte Fluvial en el Río Magdalena*. Obtenido de http://fs03eja1.cormagdalena.com.co/php/cormagdalena/index.php?option=com_content&view=article&id=72&Itemid=146
- CORMAGDALENA;TNC. (2012). *Portafolio de Conservación de Agua Dulce para la cuenca del Río Magdalena Cauca*.
- CORPOCALDAS. (2011).
- CORPONOR. (2007). *SINTESIS AMBIENTAL DEL NORTE DE SANTANDER*.

- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, CAR. (2004). *Plan de Ordenación de la Cuenca de los Ríos Ubaté y Suarez POMCA: DIAGNÓSTICO PROSPECTIVA Y FORMULACIÓN DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DE LOS RÍOS UBATÉ Y SUÁREZ*. Bogotá, D.C.
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, CAR. (2004). *Plan de Ordenación de la Cuenca de los Ríos Ubaté y Suarez POMCA: DIAGNÓSTICO PROSPECTIVA Y FORMULACIÓN DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DE LOS RÍOS UBATÉ Y SUÁREZ*. Bogotá.
- CRA. (s.f.). CRA. Obtenido de http://www.cra.gov.co/audio_video.shtml?apc=gJxx-1-&x=500
- CRC. (s.f.). *PLAN DE ORDENAMIENTO Y MANEJO DE LA SUBCUENCA HIDROGRÁFICA DE LOS RÍOS SAMBINGO-HATO VIEJO*. Obtenido de <http://www.crc.gov.co/files/ConocimientoAmbiental/POMCH/Rio%20Sambingo-Hatoviejo/Zonificacion%20Ambiental.pdf>
- CREG. (22 de diciembre de 2011). *Resolución 184*.
- Cruz, F., & Rivera, S. (2004). *VALORACIÓN ECONÓMICA DEL RECURSO HÍDRICO, CUENCA DEL RÍO CALAN, HONDURAS*. Recuperado el 2012, de <http://www.fao.org/docrep/ARTICLE/WFC/XII/0958-A2.HTM>
- Cruz, M., Uribe, E., & Coronado, H. (2003). *El valor de la productividad marginal del agua en la industria manufacturera colombiana*.
- Cruz, M., Uribe, E., & Coronado, H. (2003). *El valor de la productividad marginal del agua en la industria manufacturera colombiana*. Bogotá.
- DANE. (s.f.). Obtenido de <http://www.dane.gov.co/>
- DANE. (s.f.). Obtenido de http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/ambientales/Sima/solidos_suspension.pdf
- DANE. (s.f.). Obtenido de <http://www.dane.gov.co/index.php/poblacion-y-demografia/series-de-poblacion>
- DANE. (2005). *Departamento Administrativo Nacional de Estadística*. Obtenido de Censo 2005: <http://www.dane.gov.co/>
- DANE. (2007). *Encuesta Anual Manufacturera*. Bogotá.
- DANE. (2011). *Encuesta Nacional Agropecuaria*. Bogotá.
- DANE. (2011). *Matriz de empleo en la base 2005 de las cuentas nacionales*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística.

- DANE. (2011). *Registro único de damnificados por la emergencia invernal*. Recuperado el 2013, de http://www.dane.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=1059&Itemid=169
- DANE. (2012).
- DANE. (2012). *Encuesta Nacional Agropecuaria*. Bogotá.
- DANE. (2012). *Encuesta Nacional de Calidad de Vida 2011*. Bogotá, Colombia.
- DANE. (2013). *Resultados de las cuentas nacionales anuales años 2010 y 2011 (provisional)*.
- DANE. (s.f.). *Departamento Administrativo Nacional de Estadística*. Recuperado el Febrero de 2013, de http://www.dane.gov.co/#twoj_fragment1-4
- DANE. (s.f.). *Departamento Administrativo Nacional de Estadística*. Obtenido de http://www.dane.gov.co/#twoj_fragment1-4
- Dauder, S. G., & Bilbao, R. D. (2003). *INTRODUCCIÓN A LA TEORÍA DE LA NEGOCIACIÓN*. Universidad Rey Juan Carlos Servicio de Publicaciones.
- de Faccio Carvalho, P. (s.f). *Perfiles por País del Recurso Pastura/Forraje*. Recuperado el 21 de Agosto de 2013, de FAO: http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/counprof/spanishtrad/brazil_sp/brazil_sp.htm
- DIAGNÓSTICO SOBRE CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO*. (2006). Recuperado el 2013, de http://www.defensoria.org.co/red/anexos/pdf/02/informe_123.pdf
- Díaz, A., Rincón, N., López, F., Chacín, E., & Debellefontaine, H. (2005). Tratamiento Biológico en SBR de efluentes producto de la extracción de petróleo mediano. *MULTICIENCIAS*, 150-156.
- DNP. (2000). *Plan de Ordenamiento Territorial Municipio de Santiago de Cali*.
- DNP. (2010). *Plan Nacional de Desarrollo 2010 - 2014*. Bogotá.
- DNP. (2012). *Plan integral de ordenamiento ambiental y desarrollo territorial de la región de La Mojana*.
- DNP. (s.f.). *Departamento nacional de Planeación*. Obtenido de <https://www.dnp.gov.co/>
- DNP, D. N. (2009). *PROGRAMA PARA EL SANEAMIENTO, MANEJO Y RECUPERACIÓN AMBIENTAL DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO CAUCA*.
- DNP; BID; MADS. (s.f.). *Misión Gobernanza del Agua*.
- Donado, D. (s.f.). *Hidráulica de Pozos*. Obtenido de http://www.docentes.unal.edu.co/lddonadog/docs/Presentations/Donado_1999b.pdf

- E.S.P, E. (2006). *Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado*. Bogotá.
- EAAB. (2013). *ONU Certifica labor ambiental del Acueducto de Bogotá*. Recuperado el FEBRERO de 2013, de http://www.acueducto.com.co/wpsv61/wps/portal/!ut/p/c5/hY7LDolwEEW_hS-YofQBS1QEEqBqo1I2pDEEMTxcGBP-XogbN8jM8tx7ZqCAaXvzbmrzaobetJBDwUvXVqkSEUEpyA5jPwhc7tANPdGJa15uQz-ilkGU5IJIMqaOeFYOxs5K-zrf-0mEbO9hLJmXyDS0EdmX__PPHbFGR8iioavgvGLRHuQcNBRI8Vthg26r2txGeHY5
- EAAB E.S.P. (2007). *Estados Financieros por los periodos terminados el 31 de diciembre de 2007 y el 31 de diciembre de 2006*. Bogotá.
- EAAB E.S.P. (2013). *Trabajos de Rehabilitación de la Línea Tibitoc - Casablanca*. Recuperado el Febrero de 2013, de http://www.acueducto.com.co/wpsv61/wps/portal/!ut/p/c5/04_SB8K8xLLM9MSSzPy8xBz9CP0os3gLw2DfYHMPiWn_cyMXA09HV1cLM2MTJz8fc6B8pFm8s7ujh4m5j4GBv1GYgYGRn2lwoEFosLGBpzEB3eEg-_DrB8kb4ACOBhb57DZ4OTma6ft55Oem6hfkRhhkBqQrAgD9BUus/dl3/d3/L0IDU0IKSWdra0EhIS9JTIJBQUlp
- EAAB, E. (2010). *Plan de reducción de riesgos en el servicio de Acueducto*.
- EAAB, E. (2010). *Plan de reducción de riesgos en el servicio de Acueducto*. Bogotá.
- Earth Economics. (2010). *Flood Protection and Ecosystem Services in the Chehalis River Basin*.
- Eckstein, O. (1958). *Water-Resource Development: The Economics of Project Evaluation*.
- Ecopetrol. (Febrero de 2011). *Carta Petrolera 125*. Recuperado el 2013 de Octubre de 31, de Diciembre 2012, campos de Ecopetrol en el sur de Colombia: http://www.ecopetrol.com.co/especiales/carta_petrolera125/produccion.htm#
- ECOPETROL. (Diciembre de 2012). *Carta Petrolera: Vertimiento cero*. Recuperado el 4 de Septiembre de 2013, de http://www.ecopetrol.com.co/especiales/carta_petrolera125/produccion.htm
- Ecopetrol S.A. (Marzo de 2013). *Reporte Integrado de Gestión Sostenible*. Bogotá, Colombia.
- EIDENAR. (2010). *Incidencia del Embalse de Salvajina Sobre el Régimen de Caudales del Río Cauca en su valle alto*. *Revista EIDENAR*.
- EMCALI. (2012). *Solicitud a problemas de agua para Cali, un proyecto de largo plazo*. Recuperado el 20 de Febrero de 2013, de http://www.emcali.com.co/informate/-/asset_publisher/6ovX/content/emcali-estructura-proyecto-de-factibilidad?redirect=http%3a%2f%2fwww.emcali.com.co%2finformate%3fp_p_id%3d101

_INSTANCE_6ovX%26p_p_lifecycle%3d0%26p_p_state%3dnormal%26p_p_mode%3dview%26p_p_

- Environment Agency. (2011). *Catchment Sensitive Farming*. CFS Evidence Team.
- EPM, E. (2010). *Sistema de Acueducto de las Empresas Públicas de Medellín E.S.P.* Medellín.
- EPM, E. (2013). *Boletín Informativo: EPM reporta normalidad en el suministro de agua*. Medellín.
- Escobar, J. (2002). *La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar*. Santiago de Chile: CEPAL.
- FAO. (1997). Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos. En FAO, *Riego y drenaje*.
- Fedegan. (2006). *El cálculo de los costos de producción*. Bogotá.
- FEDEGAN. (2006). *Precios de Ganado Bovino 2006*. Bogotá.
- FEDEGAN. (2010). *Concensos Ganaderos*. Recuperado el 21 de Agosto de 2013, de Mejorando la competitividad:
http://portal.fedegan.org.co/pls/portal/docs/PAGE/FNG_PORTLETS/PUBLICACIONES/CAR TAAFEDEGAN/EDICIONESANTERIORES/EDICION_120/CONSENSOS.PDF
- FEDEGAN. (2013). *Federación Colombiana de Ganaderos*. Obtenido de http://portal.fedegan.org.co/portal/page?_pageid=93,1&_dad=portal&_schema=PORTAL
- FENAVI. (2013). *Comportamiento de precios*. Bogotá.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). (2004). *Economic Valuation of Water resources in agriculture*. Recuperado el 2013, de <ftp://ftp.fao.org/agl/aglw/docs/wr27e.pdf>
- Forbes Magazine. (15 de 06 de 2012). ENERGY.
- Forrester, J. W. (1961). *Industrial Dynamics*. Waltham: The MIT Press.
- Forrester, J. W. (1969). *Urban Dynamics*. Cambridge MA: The MIT Press.
- García, C. (2007). Regulación hídrica bajo tres coberturas vegetales en la cuenca del río San Cristobal, Bogotá D.C. *Revista Colombia Forestal*, 10(20).
- Gardner, L. R. (2009). Assessing the effect of climate change on mean annual runoff. *Journal of Hydrology*, 315-359.
- Garrido, A., Palacios, E., & Calatrava, J. (2004). *La importancia del valor, costo y precio de los recursos hídricos en su gestión*.

- Gerencia Metropolitana de Aguas, E. (2011). *Plan de Saneamiento del Río Medellín y quebradas afluentes*. Medellín.
- Gibbons, D. (1986). *The Economic Value of Water*. Washington D.C.: Resources for the Future, Inc.
- Gobernación de Norte de Santander. (2009). *Proyecto de Aprovechamiento de Uso Múltiple del río Zulía "Cínera"*. San Jose de Cúcuta.
- Gobernación del Huila. (2007). *Informe de la cadena piscícola del Huila*. Bogotá.
- Gobernación del Valle del Cauca. (01 de 07 de 2013). *Gobernación del Valle del Cauca*. Recuperado el 03 de 08 de 2013, de Gobernación del Valle del Cauca: <http://www.valledelcauca.gov.co/agricultura/publicaciones.php?id=966>
- Google Earth. (s.f.). Obtenido de earth.google.com/
- Gracia, L., Marrugo, J. L., & Alvis, E. M. (2009). *Contaminación por mercurio en humanos y peces en el municipio de Ayapel*. Cordoba.
- Grupo Bancolombia. (2013). *Informes Económicos*. Obtenido de <http://investigaciones.bancolombia.com/InvEconomicas/home/homeinfo.aspx>
- Heinz, J., & Tol, R. (1996). *Secondary benefit of climate control policy: Implications for the global environment facility*. Insitut for Environmental Studies. Vrije Universiteit.
- Hellegers, P., & Davidson, B. (2010). *Determining the disaggregated economic value of irrigation water in the Musi sub-basin in india*.
- Hoz, J. V. (2003). *La ganadería bovina en las llanuras de ICaribe Colombiano*. Cartagena de Indias: Centro de estudios económicos regionales Banco de la República Cartagena de Indias.
- I. Humboldt. (2013).
- IDEAM. (2010).
- IDEAM. (2010). *Cuánta agua nos queda, la oferta hídrica*. Subdirección de Hidrología.
- IDEAM. (2010). *Estudio Nacional de Agua*. Bogotá: IDEAM.
- IDEAM. (2010). *Estudio Nacional del Agua*.
- IDEAM. (2010). *Estudio Nacional del Agua*. Bogotá: Imprenta Nacional de Colombia.
- IDEAM. (2010). *Estudio Nacional del Agua*. Bogotá.
- IDEAM. (2010). *Estudio Nacional del Agua*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá, D.C.

- IDEAM. (2010). *Estudio Nacional del Agua. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales*. Bogotá D.C.
- IDEAM. (2010). *Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000*. Recuperado el 24 de Julio de 2013, de https://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/Bvirtual/021759/Leyenda_%20NaI_Cob_Tierra_Contentido.pdf
- IDEAM. (2011). *Datos de estaciones, Cormagdalena-UNAL*.
- IGAC. (s.f.). Obtenido de <http://www.igac.gov.co/igac>
- IGAC. (s.f.). *Zonificación de los conflictos de uso de las tierras en Colombia*.
- INGEOMINAS. (2002). Obtenido de <http://www.ingehominas.gov.co/>
- INGETEC. (2012). *Fuentes de agua para el futuro abastecimiento de la ciudad de Cali - año 2025*. Recuperado el 20 de Febrero de 2013, de <http://www.ingetec.com.co/experiencia/textos-proyectos/acueductos-alcantarillados/cali.htm>
- IntegralS.A. (2010). *Evaluación del potencial hidroeléctrico del río Cauca en su curso intermedio: Proyectos Xarrapa (330 MW), Farallones (2.120 MW), Cañafisto (1.600 MW), Ituango (3.860 MW) y Apaví (1920 MW). Estudios de identificación y prefactibilidad desarrollados para IS*.
- INVERMAR. (2008). *Diagnóstico de la erosión en la zona costera del Caribe colombiano*. Recuperado el 23 de Julio de 2013, de <http://www.invermar.org.co/noticias.jsp?id=3437&pagina=2>
- IPCC. (2000). *Escenarios de emisiones*. Recuperado el 05 de Julio de 2013, de <http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/sres-sp.pdf>
- Jaime Rueda, H. (2007). *Identificación de los Impactos Ambientales producidos por la contaminación hídrica en Colombia y realizar una valoración económica del daño ambiental y socioeconómico producido por la contaminación hídrica*. Bogotá, D.C.
- Jaime, H. (2007). *Identificación de Impactos Ambientales producidos por la contaminación hídrica en Colombia y realizar una valoración económica del daño ambiental y socioeconómico producido por la contaminación hídrica*. Bogotá, D.C.
- Jaramillo, C., & Gálvez, J. (2008). *Investigación y propuesta al desarrollo de soluciones del sector porcícola al problema ambiental y territorial*. Bogotá.
- Kelly, H. (1966). *A classroom study of the dilemmas in interpersonal negotiations*, en K. Archibald, *Strategic*.
- Kennedy, G., Benson, J., & McMillan, J. (1986). *Cómo negociar con éxito*.

- Landero, M. (2008). *Técnicas básicas de Moderación*.
- Lax, D., & Sebenius, J. (1992). The Manager as Negotiator: The Negotiator's Dilemma: Creating and Claiming Value. En S. Goldberg, F. Sander, & N. Rogers, *Dispute Resolution* (págs. 46-92). Boston: Little Brown and Co.
- Lewicki, R., Saunders, D., & Minton, J. (1999). *Negotiation, Readings, Exercises, and cases*. Boston: McGraw Hill-Irwin.
- Lince Prada, M. F., Elejade López, H. D., & Echeverry Mora, D. (2010). *Atlas Área Metropolitana del Valle de Aburrá*. Medellín - Antioquia.
- López Avendaño, R. (2005). *PROPUESTA PARA UN ESQUEMA DE CÁNONES PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO EN NICARAGUA*.
- López, O. L. (2012). *Análisis de Vulnerabilidad de la cuenca del río Chinchiná*. Obtenido de Universidad Nacional de Colombia-Sede Manizales: http://www.bdigital.unal.edu.co/6100/3/8109507.2012_Parte1.pdf
- MADS. (2010). *Observatorio Ambiental de Bogotá*. Recuperado el 7 de Marzo de 2012, de Metodología General para la Presetación de Estudios Ambientales: http://oab.ambientebogota.gov.co/resultado_búsquedas.php?AA_SL_Session=8cf97c692b&x=4896
- MADS. (2012). *MISIÓN GOBERNANZA AGUA: "GESTIÓN INTEGRADA Y ADAPTATIVA DE RECURSOS HÍDRICOS EN COLOMBIA"*.
- MADS -DGIRH. (2013). *Guía Técnica para la Formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas*.
- MADS;. (2012). *MISIÓN GOBERNANZA AGUA: "GESTIÓN INTEGRADA Y ADAPTATIVA DE RECURSOS HÍDRICOS EN COLOMBIA"*.
- MADVT. (2009). *Política Nacional para la Gestión Integral del recurso Hídrico*. Bogotá D.C.
- Mancera, N., & Álvarez, R. (2006). Estado del conocimiento de las concentraciones de mercurio y otros metales pesados en peces dulceacuícolas de Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 11(1), 3-23.
- Marrugo, J., Benitez, L., & Olivero, J. (2008). Distribution of Mercury in Several Environmental Compartments. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*(55), 305-316.
- Marrugo-Negrete. (2008). *Total mercury and methylmercury concentrations in fish from the Mojana region of Colombia*. *Environ Geochem Health*.

Marrugo-Negrete et al. (2008). *Distribution of Mercury in Several Environmental Compartments in an Aquatic Ecosystem Impacted by Gold Mining in Northern Colombia*. *Arch Environ Contam Toxicol* 55:305-316.

MAVDT. (2009). *Metodologías técnicas en el ámbito biofísico para la determinación y monitoreo de los servicios ambientales relacionados con regulación hídrica y control de sedimento, y su relación con el uso del suelo*. Bogotá.

Mena, P., Medina, G., & Hofstede, R. (2001). Los páramos en el Ecuador. En P. Mena, & G. Medina, *Los páramos en el Ecuador, Proyecto Páramos* (págs. 1-24).

Merayo, O. (1999). *Valoración económica del agua potable en la cuenca del río En Medio Santa Cruz, Guancaste, Costa Rica*. Recuperado el 2012, de <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A0188E/A0188E.PDF>

METROAGUA. (s.f.). *Emisario Submarino*. Recuperado el Febrero de 2013, de http://www.metroagua.com.co/Sistema_Noticias/noticias.php?codn=30

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (26 de Noviembre de 2010). *Distritos de Riego en Colombia*. Bogotá, Colombia.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2011-2012). *Agenda Nacional de Pesca y Acuicultura*. Recuperado el 2013, de http://www.minagricultura.gov.co/archivos/agenda_nal_investigacion_pesca_acuicultura.pdf

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (s.f.). Recuperado el 2013, de <http://www.minambiente.gov.co/contenido/contenido.aspx?conID=5882&catID=278>

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales – Gobierno de Guatemala . (s.f.). Recuperado el 21 de Febrero de Febrero de 2013, de http://www.marn.gob.gt/documentos/guias/Guia_Microcuenca/anexos/anexo_08_metodologia_metaplan.pdf

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2009). *Metodología de Zonificación Ambiental de Cuencas Hidrográficas (Propuesta)*. .

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Política Nacional para la Gestión del Recurso Hídrico*.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (agosto de 2011). *PROGRAMAS DE PRIORIZACIÓN, COORDINACIÓN Y ARTICULACIÓN DE PLANES DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE CUENCAS DE ORDENACIÓN HIDROGRÁFICAS A NIVEL DE SUBÁREA HIDROGRÁFICA*. Recuperado el mayo de 2013, de

http://www.minambiente.gov.co/documentos/DocumentosBiodiversidad/recurso_hidrico/170811_pres_estructura_planificacion_01.pdf

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Dirección de Ecosistemas -Grupo de Recurso Hídrico. (2010). *Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico*. .

Ministerio de Minas y Energía. (2010). *El sector minero Colombiano: Fuente de Oportunidades*. Recuperado el 04 de 09 de 2013, de <http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/archivosEventos/6556.pdf>

Ministerio de Minas y Energía. (2011). *Censo Minero Departamental Colombiano* .

Ministerio de Minas y Energía. (2013). *Estadísticas de Producción*. Recuperado el 31 de Octubre de 2013, de http://www.minminas.gov.co/minminas/hidrocarburos.jsp?cargaHome=3&id_categoria=158&id_subcategoria=214

Ministerio de Transporte. (2010). *Transporte en cifras* .

Ministerio de Transporte. (2012). *Transporte en Cifras*. Bogotá.

Ministerio de Transporte. (s.f.). *Direcciones Territoriales e Inspecciones Fluviales*. Obtenido de <https://www.mintransporte.gov.co/publicaciones.php?id=209>

Ministerio del Medio Ambiente; Departamento Nacional de Planeación; Instituto Alexander Von Humboldt . (1995). *POLITICA NACIONAL DE BIODIVERSIDAD*.

Ministerio de Transporte. (2009). *Anuario Estadístico Fluvial*. Bogotá.

MinMinas. (2008). *Estimación de la producción minera Colombiana por distritos, basa en proyección de PIB minero Latinoamericano 2008-2019*. Bogotá: Ministerio de Minas y Energía .

MinMinas, UPME. (2012). *Cadena del Carbón*. Ministerio de Minas y Energía- Unidad de Planeación Minero Energética.

Mintegui, J. M., & Robredo, J. (1994). Caracterización de las Cuencas Hidrográficas, objeto de restauración Hidrológico- Forestal, mediante modelos hidrológicos. *Ingeniería del Agua*.

Montenegro, A. (1994). Tecnologías de generación en el contexto de la reforma sectorial. *Revista Planeación & Desarrollo, Volumen XXV*.

Montoya Serna, C. M., & Campillo Londoño, A. M. (2012). *Plan de Gestión 2012-2015 Área Metropolitana de Aburrá*. Medellín.

- Morales Rivas, M., Otero García, J., Van der Hammen, T., Torres Perdigón, A., Cadena Vargas, C. E., Pedraza Peñalosa, C. A., y otros. (2007). *Atlas de páramos de Colombia*. Bogotá, D. C., Bogotá, D. C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos.
- Morelco. (2010). *PTAR Cañaveralejo*. Recuperado el 20 de Febrero de 2013, de <http://www.morelco-sa.com/es/proyectos/ptar-canaveralejo.html>
- Municipal, D. A. (2000). *PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL*. Santiago de Cali.
- OECD-FAO. (2012). *Agricultural Outlook 2012. Chapter 3: Biofuels*.
- Olaya, C. (2005). *Taller Tutorial iThink "Un Modelo de Población". Notas de Clase: Dinámica de Sistemas*. Bogotá: Universidad de los Andes.
- Oliveiro, J. (2005). *EL LADO GRIS DE LA MINERÍA DEL ORO: LA CONTAMINACIÓN CON MERCURIO EN EL NORTE DE COLOMBIA*.
- Olivero, J., & Johnson, B. (2002). *El lado gris de la minería de oro: La contaminación con mercurio en el norte de Colombia*. Cartagena: Universidad de Cartagena.
- Olivero, J., Johnson, B., Mendoza, C., Paz, R., & Olivero, R. (2004). Mercury in the aquatic environment of the village of caimito at the mojana region, north of Colombia. *Water, Air and Soil Pollution*(159), 409-420.
- Organización de los Estados Americanos. (2007). *Valoración económica de las cuencas hidrográficas: Una herramienta para el mejoramiento de la gestión de los recursos hídricos*. Ciudad de Guatemala.
- Organización de Naciones Unidas Para la Agricultura. (2010). *The Economic Value of Water for Agricultural, Domestic and Industrial Uses: A Global Compilation of Economic Studies and Market Prices*.
- Organización Mundial de la Salud. (s.f.). *Diversidad Biológica*. Recuperado el 2013, de <http://www.who.int/globalchange/ecosystems/biodiversity/es/index.html>
- Ortega, L. (2006). *Los instrumentos económicos en la gestión del agua. El caso de Costa Rica*.
- Parques Nacionales Naturales*. (s.f.). Obtenido de <http://www.parquesnacionales.gov.co/PNN/portel/libreria/php/decide.php?patron=01>.
- Patiño, J., Leon, J., Montes, A., & Hernandez, C. (2007). Propuesta metodológica para comparar el efecto de coberturas vegetales en la regulación de caudales en cuencas hidrográficas. Aplicación en la cuenca de la quebrada la muricielago, Antioquia. *Avances en recursos hidraulicos*(15).
- Pérez Preciado, A. (2010). *El problema del Río Bogotá*. Bogotá.

- Pérez Preciado, A. (2010). *El problema del Río Bogotá*. Bogotá.
- Pérez, B., & Rivas, E. (2008). *Diseño de una metodología para determinar el costo real de producción semanal de la gallina HY Line Brown en la etapa de cría y levante*. Sincelejo.
- PISPESCA. (2008). *Sistema de Información de Pesca y Agricultura*. Bogotá.
- Plan de Acción para el Páramo de Rabanal 2005-2010. ((s.f.)). Obtenido de : Recuperado el 1 de noviembre de 2009, de http://co.chm-cbd.net/servicios/jsp/buscador/documentos/Plan_Accion_Rabanal.pdf
- (2010). *Plan de reducción de riesgos en el servicio de Acueducto*.
- PNUD,UNGRD. (2012). *Plan Departamental de Gestión de riesgo*.
- PORCICOL. (2013). *Boletín Semanal de precios*. Bogotá.
- R, C. (2000). *Estimación de los beneficios económicos derivados de la política de conservación del recurso hídrico en el Parque nacional Chingaza*.
- Ramirez, J., & Jarvis, A. (2008). *Disaggregation of Global Circulation Model Outputs*. Recuperado el Mayo de 2013, de <http://www.ccafs-climate.org/data/>
- Ramos, C., Estévez, S., & Giraldo, E. (2000). *Nivel de contaminación por metilmercurio en la región de la Mojana*. Bogotá: Centro de Investigaciones en Ingeniería Ambiental-Universidad de los Andes.
- RAS. (2000). *REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO - RAS*. Bogotá.
- Requeijo, J., & Iranzo, J. (2006). *Indicadores de estructura económica*. Delta Publicaciones Universitarias.
- Reuters. (2013). *Reuters Datastream y World Gold Council*. Obtenido de <http://www.reuters.com/finance/commodities/metals>
- Richardson, G. P. (1999). *Encyclopedia of Operations Reserch and Information Science*. (S. G. Harris, Ed.) Kluwer Academic Publishers.
- S.A, I. (2012). *Fuentes de agua para el futuro abastecimiento de la ciudad de Cali - año 2025*. Recuperado el 20 de Febrero de 2013, de <http://www.ingetec.com.co/experiencia/textos-proyectos/acueductos-alcantarillados/cali.htm>
- S.U.I., S. U. (2007).
- S.U.I., S. U. (2008).

- Sala de Situación Humanitaria. (2013). *Declaran alerta amarilla en Manizales por incremento de lluvias*.
- Salas, D., Zapata, M., & Guerrero, J. (2007). Modelo de costos para el tratamiento de las aguas residuales en la región. *Scientia et Technica*(37).
- Salazar Bermúdez, V. R. (2009). *Protocolo para la Implementación de Proyectos de Pagos por Servicios Ambientales PSA en los Parques Nacionales Naturales de Colombia*.
- Sanchez, D., & Cañor, J. (2010). Análisis documental del efecto de vertimientos domésticos y mineros en la calidad del agua del río condoto (Choco, Colombia). *Gestión y Ambiente*, 13(3), 115-130.
- Sánchez, M. (2005). Índice Biológico BMWP. *Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*.
- Semana.com. (30 de octubre de 2011). *La guerra por el Agua*. Recuperado el 2013, de SEMANA.COM: <http://www.semana.com/nacion/articulo/la-guerra-agua/248530-3>
- SENA. (2006). *Caracterización Transporte Acuático*. Bogotá.
- SIG, D. T. (2011). *INCODER, SUBGERENCIA DE PLANIFICACIÓN E INFORMACIÓN*.
- SIG-OT. (2008). Recuperado el 2011, de <http://sigotn.igac.gov.co/sigotn/>
- SIGOT. (2010). *Sistema de Información Geográfica para la planeación y el ordenamiento Territorial*. Ministerio de Agricultura.
- SIG-OT, S. d. (2007).
- SIMCO. (2013). *Sistema de Información Minero Colombiano*. Obtenido de <http://www.simco.gov.co/>
- SIMCO. (s.f.). *Sistema de Información Minero Colombiano*. Recuperado el Julio de 2013, de <http://www.simco.gov.co/simco/Estad%C3%ADsticas/LasRegaliasenColombia/tabid/123/Default.aspx>
- Sistema Único de Información de Servicios Públicos*. (s.f.). Recuperado el 2012, de <http://www.sui.gov.co/SUIAuth/portada.jsp?servicioPortada=1>
- Sistema Único de Información de Servicios Públicos -SUI-*. (s.f.). Recuperado el 2013, de <http://www.sui.gov.co/SUIAuth/portada.jsp?servicioPortada=2>
- Society, S. D. (1999/2011). *The Field of System Dynamics*. Recuperado el 20 de Febrero de 2014, de http://www.systemdynamics.org/what_is_system_dynamics.html
- SSPD. (2010). *Estudio Sectorial. Acueducto y alcantarillado*. Bogotá: Imprenta Nacional.

- SSPD. (2012). *Informe técnico sobre sistemas de tratamiento de aguas residuales en Colombia*. Bogotá D.C.
- Sterman, J. D. (2000). *Bussines Dynamics*. Boston: McGraw-Hill.
- Sullivan, C., Meigh, J., & Giacomello, A. (2003). *The Water Poverty Index: Developmente and application at the community scale*. Oxford: Beckwell Publishing.
- Superservicios.gov.co. (s.f.). Recuperado el 2013, de basedoc.superservicios.gov.co/.../ServletControl;...
- Tapia, C. (2008). *Plan Participativo de Manejo y Conservación del macizo del Páramo de Rabanal*. Bogota Colombia: Proyecto Páramo Andino.
- The World Bank. (2013). *World Bank Commodity Price Data*. Obtenido de <http://data.worldbank.org/data-catalog/commodity-price-data>
- Torres, J., Camacho, L., & Rodriguez, E. (2008). Marco de modelación de organismos patógenos en ríos de montaña. *XVIII Seminario Nacional de Hidráulica e Hidrología* . Bogotá.
- Torres, P. (2012). Perspectivas del tratamiento anaerobio de aguas residuales domésticas en países en desarrollo. *Revista EIA*(18), 115-129.
- UK Climate Projections. (2012). *Online Marine & coastal projections* . Recuperado el 05 de Julio de 2013, de <http://ukclimateprojections.defra.gov.uk/22813>
- Universidad de la Salle. (2006). *ESTRUCTURACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE LA RED HIDROMETEOROLÓGICA PARA LAS CUENCAS DE LOS RÍOS PAMPLONITA,ZULIA, ALGODONAL Y TÁCHIRA, EN EL DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER*. Bogotá.
- Universidad de los Andes. (2002). *Usos y estándares de calidad del rio Bogotá. Estudio de la Universidad de los Andes, contratado por la EAAB*.
- UPME. (2008). *Estimación de la producción minera colombiana por distritos, basada en las proyecciones de PIB minero latinoamericano 2008-2019*. Bogotá, Colombia.
- UPME. (2010). *Boletín Estadístico de Minas y Energía 1990-2010*. Bogotá: Unidad de Planeación Minero energética.
- UPME. (2010). *Plan de Expansión de referencia Generación - transmisión 2011-2025*. Bogotá : Unidad de Planeación Minero Energética.
- UPME. (2011-2015). *Plan de Expansión de referencia. Generación y Transmisión*.
- UPME. (Diciembre de 2012). *Escenarios de Oferta y Demanda de Hidrocarburos en Colombia*. Recuperado el 31 de Octubre de 2013, de

http://www.upme.gov.co/Docs/Publicaciones/2012/Escenarios_Oferta_Demanda_Hidrocarburos.pdf

UPME. (Diciembre de 2012). *Escenarios de Oferta y Demanda de Hidrocarburos en Colombia*. Recuperado el 31 de Octubre de 2013, de http://www.upme.gov.co/Docs/Publicaciones/2012/Escenarios_Oferta_Demanda_Hidrocarburos.pdf

UPME. (Diciembre de 2012). *Escenarios de Oferta y Demanda de Hidrocarburos en Colombia*. Recuperado el 31 de Octubre de 2013, de http://www.upme.gov.co/Docs/Publicaciones/2012/Escenarios_Oferta_Demanda_Hidrocarburos.pdf

UPME. (2012). *Escenarios de Oferta y Demanda de Hidrocarburos en Colombia*. Bogotá, Colombia.

UPME. (2013). *SIMCO-Producción de oro por municipio anual*. Recuperado el 03 de 09 de 2013, de <http://www.simco.gov.co/simco/Estad%C3%ADsticas/Producci%C3%B3n/tabid/121/Default.aspx>

UPME, MinMinas . (2012). *Escenarios de Oferta y Demanda de Hidrocarburos en Colombia* . Bogotá: Ministerio de minas y Energía, Unidad de Planeación Minero Energética.

Uribe , E., Coronado , H., Domínguez, C., & Medina, P. (2005). *Análisis de la evolución de los Servicios Públicos Domiciliarios durante la última década* . Bogotá D.C: Centro de Estudios sobre el Desarrollo Económico - Universidad de los Andes.

Uribe, E., Carriazo, F., Mendieta, J. C., & Jaime, H. (2003). *Introducción a la Valoración Económica Ambiental y Estudios de Caso*. Bogotá: Ediciones UNIANDES, EAAB.

Uribe, E., Cruz, G., Coronado, H., García, J., Panayotou, T., & Faris, R. (2001). *LA GESTION AMBIENTAL Y COMPETITIVIDAD DE LA INDUSTRIA COLOMBIANA*. Bogotá.

Uribe, E., Mendieta, J. C., Jaime, H., & Carriazo, F. (2003). *Introducción a la Valoración Ambiental y Estudios de Caso*. Bogotá.

US Energy Information Administration. (Septiembre de 2011). *Analysis & Projections*. Recuperado el 2 de Septiembre de 2013, de <http://www.eia.gov/analysis/projection-data.cfm#annualproj>

Vanguardia Liberal . (s.f.). Recuperado el 2013, de <http://www.vanguardia.com/actualidad/colombia/134546-manizales-sigue-en-emergencia-por-falta-de-agua>

Vásquez, J. C. (05 de 2012). *Personería de Manizales: Informes de trabajo de campo- Investigación con Comunidades en Temas de Ciudad*. Obtenido de

http://www.personeriademanzales.gov.co/personeria/administracion/archivo/files/P_GU RU05DE2012GUACAICA2.pdf

Vergara, W. (2010). *Universidad de La Salle*. Recuperado el 21 de Agosto de 2013, de La ganadería extensiva y el problema agrario: <http://revistas.lasalle.edu.co/index.php/ca/article/viewFile/350/281>

Wang, H., & Lall, S. (1998). *Valuing Water for Chinese Industries: A Marginal Productivity Assessment*.

Windevoxhel, N. (1992). *Valoración económica parcial de los manglares de la Región II de Nicaragua*.

World Bank. (2005). *Notes on the Economic Evaluation of Transport Projects*. Washington D.C.: Transport Note N° TRN-15.

WWF. (2012). *Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas*. Recuperado el 2013, de http://www.wwf.org.mx/wwfmex/imgs/cuencas/modelo_cuencas.gif

WWF. (2012). *Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas*. Recuperado el 2013, de http://www.wwf.org.mx/wwfmex/prog_cuencas.php

WWF. (2012). *Una mirada a la agricultura de Colombia desde su huella hídrica*.

WWF Colombia -Fondo Mundial para la Naturaleza. (2003). Cali- Colombia.

Yaguache, R., & Carrion, R. (2004). Recuperado el 2012, de Construyendo una experiencia de desarrollo “El manejo de recursos naturales en Pimampiro” Ecuador: <http://www.infoagua-guayllabamba.ec/sirhcg/images/stories/documentos/12%20Sistema%20Tarifario.pdf>

Young, R. (2005). *Determining the Economic Value of Water: Concepts and Methods*.

Young, R., & Gray, S. (1972). *Valuing Water for Inland Waterways Navigation*.

Zona Franca Andina. (s.f.). Recuperado el 2013, de <http://www.zonafrancaandina.com/images/mp.png>

3.10 ANEXO 1. MEMORIAS DE TALLERES.

- Montería, Septiembre 13 de 2013.
- Santa Marta, Septiembre 18 de 2013.
- Cartagena, Septiembre 20 de 2013.
- Cúcuta, Septiembre 27 de 2013.

MEMORIAS DE LA SEGUNDA RONDA DE TALLERES FASE ANÁLISIS ESTRATÉGICO: Montería, Septiembre 13 de 2013

Introducción y Presentación para Motivar el Ejercicio de las Mesas de Trabajo

En este momento se contextualiza a los asistentes al taller en el proceso de formulación del plan estratégico, se hace énfasis en las fases del proceso y los espacios de disertación y construcción de consensos en las regiones y a nivel central. Se aclaran las reglas de juego para el desarrollo del taller y se motiva la realización de las mesas de trabajo presentando el proceso de modelación y los resultados del mismo. La presentación tiene por objeto aclarar el origen de la información sobre escenarios de desarrollo que se someterá a discusión en las mesas de trabajo.

| ENTIDADES | ENTIDADES | OBJETIVOS DEL TALLER | AGENDA DEL TALLER |
|---|---|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • ASOCARS • Corporación Autónoma Regional De Los Valles Del Sinú Y Del San Jorge – CVS • Corporación Autónoma Regional Del Río Grande De La Magdalena - Cormagdalena • CORPOURABA • MADS • Parque Nacional Natural • Cámara De Comercio • Proactiva Aguas de Montería SA ESP • Urrea S.A. | <ul style="list-style-type: none"> • Alcaldía De Cereté • Alcaldía De Montería • Alcaldía De Montería – Secretaría de Planeación • Contraloría Departamental • Gobernación De Córdoba - Depto. Administrativo De Planeación • Augura Asociación de Bananeros de Colombia • La Asociación De Productores Para El Desarrollo Comunitario De La Ciénaga Grande Del Bajo Sinú - Asprocig • Universidad Pontificia Bolivariana | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Desarrollar un análisis temático orientado a priorizar y precisar temas que sirvan para la construcción de los lineamientos estratégicos, teniendo en cuenta: <ul style="list-style-type: none"> • El desarrollo deseado de la Macrocuenca • La priorización de subzonas para objetivos de calidad en los principales ríos o cuerpos de agua, que permitan alcanzar el desarrollo deseado de la Macrocuenca. • Los principales usos y criterios de calidad, cantidad y disponibilidad de agua (caudal ambiental) en los grandes tramos de los ríos Atrato y Sinú. ➤ Identificar las agendas de los actores claves en cada temática. ➤ Analizar la percepción del impacto que pueden tener las acciones de otros actores sobre sus propios objetivos. | <p style="text-align: center;">Ruta Crítica</p> <ul style="list-style-type: none"> • Plan Hídrico Nacional y Socialización de la Conformación de los Consejos Ambientales Regionales de Macrocuencas – CARMAC. • Escenarios de desarrollo de la Macrocuenca y temáticas de trabajo. • Desarrollo de Mesas de trabajo • Plenaria de conclusiones |

Mesas de trabajo y Plenaria de conclusiones

Los participantes organizados en grupos analizan las temáticas. Se exponen en plenaria las conclusiones recopiladas en cada una de las mesas, así mismo reciben observaciones de precisión o cambio sobre dichas conclusiones. Las conclusiones son validadas por los participantes y los temas técnicos, políticos y procedimentales relacionados con la discusión quedan plasmados en los formatos de análisis.

| Oferta hídrica | Demanda hídrica | Riesgo asociado al agua | Calidad del Recurso hídrico |
|--|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Necesario mejorar la productividad agrícola en zonas que no estén en áreas de conservación <ul style="list-style-type: none"> -Entran en competencia pastos y áreas naturales - Resalta la importancia de mejorar la productividad en vez de expandir la frontera agrícola -Incentivar a estas mejoras mediante los subsidios • Vale la pena preguntarse qué cultivos conviene que aumenten y cuáles no. • Se podría mejorar la productividad de Banano • Se está dando lugar a la sustitución de pastos con cultivos de palma, yuca, ñame y plátano • Exportación de carne de res a otros países genera presión al sector ganadero • Enfatizar en la educación sobre el uso del suelo • Conservación de zonas de humedales que actúan como reguladores hídricos | <ul style="list-style-type: none"> • En las cuencas altas valdría la pena implementar el almacenamiento y uso del agua lluvia • La demanda agrícola es más importante que la industrial para Montería. • Fomentar el conocimiento e información sobre el uso eficiente y ahorro de agua • La demanda agrícola puede llevar a ser hasta el 70% subterránea | <ul style="list-style-type: none"> • Riesgo asociado a la infraestructura existente, la cobertura natural presente y el ordenamiento territorial • Necesidad de controlar la tenencia de tierras <ul style="list-style-type: none"> -Conflicto por predios en rondas hídricas -Titulación de predios en zonas humedales • Unificar zonas de riesgo para el sector rural y urbano • Conservación de humedales y zonas de regulación hídrica | <ul style="list-style-type: none"> • Mecanismos de educación ambiental • Mejora en las prácticas agrícolas impactan positivamente <ul style="list-style-type: none"> -Políticas para insumos agrícolas -Localización de cultivos como algodón y maíz • Bananeras están usando agroquímicos en el Sinú medio • Presencia de cultivos ilícitos y deforestación en la cuenta alta • A algunos actores les hacen seguimiento, y también se tienen objetivos de calidad en fuentes prioritarias <ul style="list-style-type: none"> -Tasas retributivas -Falta de recursos |

LISTA DE PARTICIPANTES



MinAmbiente
Ministerio de Ambiente
y Desarrollo Sostenible

**PROSPERIDAD
PARA TODOS**



FORMULACIÓN DEL PLAN ESTRATÉGICO PARA LA MACROCUECNA MAGDALENA-CAUCA
TALLER DE ANÁLISIS ESTRATÉGICO MACROCUECNA CARIBE
Septiembre 13/2013 – Montería, Universidad Pontificia Bolivariana

| Nombre | Entidad | Cargo | e-mail | Teléfono | Firma |
|--------------------------------------|------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|---------------------|--------------------|
| 1. Olga Lucio MEZA | UPB | Profesora Catedrática | olguita.meza.b@hotmail.com | 3207335340 | Olga Meza |
| 2. Isabel Cristina Yoshioka | AUGURA | Jefe Área ambiental | iyoshioka@augura.com.co | 3117884955 | Isabel Yoshioka |
| 3. Luis Hernandez | Municipio Lorica | Técnico - Catedrático Interno | luis.hernandez@yaho.com | 3145537300 | Luis Hernandez |
| 4. Marcela Patricia Galarcía Padilla | Pargues N.N Paramillo | Geógrafa SIG | marcela.galarcia@gmail.com | 3003510898 | Marcela Galarcía |
| 5. Patricia Lalajes | ASPROCLC | Miembro Representante | --- | 3114308704 | Patricia Lalajes |
| 6. Juan F. Carvajal | NADS | Contratista | jcarvajal@minambiente.gov.co | 3323400 ext 1245 | Juan F. Carvajal |
| 7. Antonio Martínez | P.N.N - D.T.C.A Paramillo | Jefe Área Protegido | amartinez@parquesnacionales.gov.co | 3135356767 | Antonio Martínez |
| 8. Domingo E. Marango | UPRA | Asesor ambiental | ing.paradas@hotmail.com | 3012567918 | Domingo E. Marango |
| 9. Jessica Ealo | CVS | Prof. Apoyo | jessica.ealo@colombia.com | 3145936710 | Jessica Ealo |
| 10. Yamar Diaz | Proactiva | Jefe Producción | ydiarz@proactiva.com.co | 3017550836 | Yamar Diaz |

Unión Temporal Plan Estratégico de las Macrocuencas Magdalena,
Cauca y Caribe

Valoración Económica Ambiental S.A.S.



LISTA DE PARTICIPANTES



MinAmbiente
Ministerio de Ambiente
y Desarrollo Sostenible

**PROSPERIDAD
PARA TODOS**



**FORMULACIÓN DEL PLAN ESTRATÉGICO PARA LA MACROCUCUENCA MAGDALENA-CAUCA
TALLER DE ANÁLISIS ESTRATÉGICO MACROCUCUENCA CARIBE
Septiembre 13/2013 – Montería, Universidad Pontificia Bolivariana**

| Nombre | Entidad | Cargo | e-mail | Teléfono | Firma |
|---|-------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|------------|-------|
| 1. Carlos Agamez | Cámara de Comercio - Montería | Apoyo Empresarial | coafu@ccmonteria.org.co | 3157442874 | |
| 2. Angelica Coronado | CVS | PIF Apoyo | acorona@gmail.com | 3007043476 | |
| 3. Diana Vargas | Cormagdalena | Asesora | diana.vargas@cmagdalena.gov.co | 300691932 | |
| 4. Dionisio Domínguez / Ricardo Domínguez | Qualidic Caribe | Asesor Pl | dionisio@qualidic.com | 3007613158 | |
| 5. Lina María Sabogal Orampo | CSB | Subdirectora Planeación | linasabogal@gmail.com | 3014720620 | |
| 6. Carmen Sampayo Benavides | ASOCARS | Profesional Regional en CSB | carmen.sampayo@asocars.org | 3103626691 | |
| 7. HAIDER HOYO | CVS | Prof. Univ. | haider.hoyos@cvsgov.co | 3007049663 | |
| 8. JOAN CARLOS GARCÍA | CVS | Prof Especialista | joan.garcia@cvsgov.co | 3106172698 | |
| 9. CAROLINA ARANGO A. | ORPOURABA | Prof Especialista | carong@orpourabagov.co | 3007892154 | |
| 10. GILBERTO GIL | SEC - PROMOCION SALUDIS MONTERIA | DEA CONTROL URBANO | arg.gilbetruz@gmail.com | 3014455341 | |

Unión Temporal Plan Estratégico de las Macrocuenca Magdalena,
Cauca y Caribe

Valoración Económica Ambiental S.A.S.



LISTA DE PARTICIPANTES



MinAmbiente
Ministerio de Ambiente
y Desarrollo Sostenible



FORMULACIÓN DEL PLAN ESTRATÉGICO PARA LA MACROCUENCA MAGDALENA-CAUCA
TALLER DE ANÁLISIS ESTRATÉGICO MACROCUENCA CARIBE
Septiembre 13/2013 – Montería, Universidad Pontificia Bolivariana

| Nombre | Entidad | Cargo | e-mail | Teléfono | Firma |
|---------------------------------|-------------------------------------|---------------------|---------------------------------------|-----------------------|----------------|
| 21. Elba Cecilia Barrios Hoyos | Planeación - Gobernación de Córdoba | Prof. Universitario | elba.barrios@cordoba.gov.co | 094 7814295 | <i>[Firma]</i> |
| 22. Diana Lucía Páez Jiménez | Controlaría Departamental | Prof. Universitario | dialthz@hotmail.com | 7825040 | <i>[Firma]</i> |
| 23. Carlos Alberto Ferrero Cano | ASOCARS | Contratista | carlos.ferrero@asocars.org | 3173820006 | <i>[Firma]</i> |
| 24. Mauricio Bayona | MADS | Contratista | mabayona@yahoo.com | 3166900071 | <i>[Firma]</i> |
| 25. Wilson Castro | ASOCARS | Contratista | wilson.castro@asocars.org | 3114970888 | <i>[Firma]</i> |
| 26. Haider Jaime Rueda | UT Macrocuencas | Experto | haiderjaimer@valoraconambiental.com | 3213433031 | <i>[Firma]</i> |
| 27. Rolando Jaime Rueda | UT Macrocuencas | SIG | rolandojaimer@valoraconambiental.com | 3213433031 8059411 | <i>[Firma]</i> |
| 28. Harold Coronado | UT Macrocuencas | Representante legal | haroldcoronado@valoraconambiental.com | 3213433031 | <i>[Firma]</i> |
| 29. Lina Nativya | UT Macrocuencas | Asistente | linanativya@macrocuencas.com | 3013718843 | Lina M |
| 30. | | | | | |

Unión Temporal Plan Estratégico de las Macrocuencas Magdalena, Cauca y Caribe

Valoración Económica Ambiental S.A.S.



MEMORIA FOTOGRÁFICA



MEMORIA FOTOGRÁFICA



MEMORIAS DE LA SEGUNDA RONDA DE TALLERES FASE ANÁLISIS ESTRATÉGICO: Santa Marta, Septiembre 18 de 2013.

Introducción y Presentación para Motivar el Ejercicio de las Mesas de Trabajo

En este momento se contextualiza a los asistentes al taller en el proceso de formulación del plan estratégico, se hace énfasis en las fases del proceso y los espacios de disertación y construcción de consensos en las regiones y a nivel central. Se aclaran las reglas de juego para el desarrollo del taller y se motiva la realización de las mesas de trabajo presentando el proceso de modelación y los resultados del mismo. La presentación tiene por objeto aclarar el origen de la información sobre escenarios de desarrollo que se someterá a discusión en las mesas de trabajo.

| ENTIDADES | ENTIDADES | OBJETIVOS DEL TALLER | AGENDA DEL TALLER |
|--|---|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • ASOCARS-Corpamag • ASOCARS – Corpogujira • Corporación Autónoma Regional Del Magdalena – Corpamag • MADS • INVEMAR • Parque Nacional Natural • Ecopetrol | <ul style="list-style-type: none"> • Federación Nacional Cafeteros • Metro Agua S.A - Acueducto Y Alcantarillado Metropolitano De (Santa Marta) • Sociedad Portuaria De Santa Marta • Gobernación Del Magdalena • Fundación Calipso • Fundación Pro-Sierra Nevada De Santa Marta • Universidad Del Magdalena | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Desarrollar un análisis temático orientado a priorizar y precisar temas que sirvan para la construcción de los lineamientos estratégicos, teniendo en cuenta: <ul style="list-style-type: none"> • El desarrollo deseado de la Macrocuenca • La priorización de subzonas para objetivos de calidad en los principales ríos o cuerpos de agua, que permitan alcanzar el desarrollo deseado de la Macrocuenca. • Los principales usos y criterios de calidad, cantidad y disponibilidad de agua (caudal ambiental) en los grandes tramos de los ríos Atrato y Sinú. ➤ Identificar las agendas de los actores claves en cada temática. ➤ Analizar la percepción del impacto que pueden tener las acciones de otros actores sobre sus propios objetivos. | <p style="text-align: center;">Ruta Crítica</p> <ul style="list-style-type: none"> • Plan Hídrico Nacional y Socialización de la Conformación de los Consejos Ambientales Regionales de Macrocuencas – CARMAC. • Escenarios de desarrollo de la Macrocuenca y temáticas de trabajo. • Desarrollo de Mesas de trabajo • Plenaria de conclusiones |

Mesas de trabajo y Plenaria de conclusiones

Los participantes organizados en grupos analizan las temáticas. Se exponen en plenaria las conclusiones recopiladas en cada una de las mesas, así mismo reciben observaciones de precisión o cambio sobre dichas conclusiones. Las conclusiones son validadas por los participantes y los temas técnicos, políticos y procedimentales relacionados con la discusión quedan plasmados en los formatos de análisis.

Oferta hídrica

| Interés Estratégico | Productividad por unidad de área agrícola y pecuaria. | Expansión de la frontera agrícola y pecuaria. | Cambio de cobertura natural de las subzonas estratégicas. | Prioridades de conservación de los servicios ecosistémicos (Biodiversidad, Pesca, etc.). | Otros Intereses Estratégicos |
|---|---|--|--|---|--|
| ¿Cómo debería ser? | *Propiciar la transformación de materias primas en lo local y aumentar el rendimiento de productividad utilizando tecnologías *Combinación de medidas de comando y control con recomposición de la matriz productiva | *Articulada al ordenamiento y uso del territorio y a la conservación de los ecosistemas que se regulan en el recurso hídrico *Controlada a suelos con aptitud óptima | *De acuerdo a la vocación del suelo *Limitado con medidas de comando y control | *Asegurando la estructura ecológica principal de la macrocuenca *Recomposición de la matriz productiva agropecuaria | *Recuperación y mantenimiento de humedales del delta del río Magdalena |
| ¿Cómo me afecta el alcance del interés estratégico? | *Reduce monocultivos y ganadería extensiva | *no contar con los estudios técnicos e información detallada de oferta hídrica *dificultad de recursos logísticos y humanos *detener la expansión agropecuaria descontrolada | *Limita la expansión agropecuaria en coberturas naturales | *estaría en concordancia con mis logros misionales *reduce monocultivos | *garantiza función de desborde en inundación |
| ¿Cómo afecto el alcance del interés estratégico? | *Favoreciendo pequeños cultivos diversos | *A través de la incorporación de los determinantes y asuntos ambientales en los POT *Que afecta los sistemas naturales frágiles en cada subzona | *Implementación de herramientas de manejo de paisaje *Incentivo a actividades agrícolas | *La implementación de proyectos a mediano y largo plazo en el tema de conectividad | *Gestiono acción interinstitucional por la recuperación del humedal |
| Subzonas Prioritarias | 1501,1504,1505,1506,2906,2802 | 1502,1501,2906,2902,2907,2908,2804 | | 1501,1506,1505,1507,2906,2804,2802 | |
| ¿Qué facilita el alcance del interés estratégico? | *Modelos productivos sostenibles | *POMCAS *Generar espacios participativos para la planificación y manejo del recurso hídrico *Promover un cambio cultural sobre el agua y las fuentes | *cambio de modelos de producción agropecuaria con tecnologías ambientalmente amigables | *Las figuras de protección de parques y resguardos, institutos, autoridad ambiental *Modelos productivos sostenibles | *Mantener el funcionamiento de obras hidráulicas del complejo lagunar |
| ¿Qué dificulta el alcance del interés estratégico? | | *Interés individual sobre el general *Conflicto armado *Poder económico y político de sectores productivos *La relación político- gremios de interés económico | | *La expansión desmedida de la frontera agrícola y minera *falta de definición de la estructura ecológica principal | *Grandes obras viales, portuarias, megaproyectos agroindustriales |

Mesas de trabajo y Plenaria de conclusiones

Los participantes organizados en grupos analizan las temáticas. Se exponen en plenaria las conclusiones recopiladas en cada una de las mesas, así mismo reciben observaciones de precisión o cambio sobre dichas conclusiones. Las conclusiones son validadas por los participantes y los temas técnicos, políticos y procedimentales relacionados con la discusión quedan plasmados en los formatos de análisis.

Demanda hídrica

| Interés Estratégico | Reducción de pérdidas técnicas en los sistemas de abastecimiento. | Uso eficiente en el sector industrial, doméstico y agropecuario. | Soluciones de Abastecimiento (Almacenamiento, trasvase, etc) | Localización de la actividad agrícola y pecuaria | Otros Intereses Estratégicos |
|--|---|--|---|--|---|
| ¿Cómo debería ser? | *Implementación de controles para el uso del agua y la mejora e implementación infraestructura para los sistemas de abastecimiento para reducir pérdidas *pago de tratamiento preventivo y correctivo a sistemas hidráulicos internos. | *Implementando y sosteniendo programas de ahorro y uso eficiente de recurso (PUERARH) *programas de uso eficiente de agua que puedan ser medidas | *Mejora de la infraestructura de almacenamiento del recurso hídrico | | *Convocando a los diferentes actores para la conservación de bosques protectores de cuencas, plantados por el sector como compensaciones ambientales por aprovechamiento de pasado. |
| ¿Cómo me afecta el alcance del interés estratégico? | *Disponibilidad de suficiente recurso hídrico en el futuro de forma segura *Ablandaría un suministro de agua e eficiente para su operación | *Positivamente, ahorrando costos de operación por infraestructura de abastecimiento *Como empresa ISO 14001 SGA es una obligación | *Disponibilidad suficiente de recurso hídrico en el futuro | | *Obliga a la iniciativa de convención interinstitucionales para concientización de la comunidad |
| ¿Cómo afecta el alcance del interés estratégico? | | *Positivamente al reducir en estrés hídrico en las fuentes *En vez de afectar contribuyo al desarrollo del interés estratégico | | | *Favorece a las cuencas por reducción de la erosión |
| Subzonas Prioritarias | | 1401,1310,1309,1501 al 1505 | | | |
| ¿Qué facilita el alcance del interés estratégico? | *La implementación de las leyes y normas sobre uso eficiente y ahorro de agua *Mejor suministro del recurso | *Necesidad de obtener los permisos de capacitación obliga a implementar y cumplir con los PUEARH *Establecer buenas prácticas de ahorro en el consumo del recurso | *Ganancia sobre la posible escasez de recursos en el futuro | | *Necesidad del sector de mostrar imagen amigable en el ambiente y lograr cumplimiento legal-ambiental |
| ¿Qué dificulta el alcance del interés estratégico? | *La aplicación rigurosa de estas leyes y normas (autoridad) *La empresa de servicios que suministra el recurso a interna particulares | *Tendencia a aumentar los caudales de captación por aumento de la producción *Los altos costos de los proyectos de ingeniería que trabajan en los procesos de reducción y reutilización | | | *Tendencia de los propietarios de los terrenos favorecidos con la reforestación para artefacto personal |

Mesas de trabajo y Plenaria de conclusiones

Los participantes organizados en grupos analizan las temáticas. Se exponen en plenaria las conclusiones recopiladas en cada una de las mesas, así mismo reciben observaciones de precisión o cambio sobre dichas conclusiones. Las conclusiones son validadas por los participantes y los temas técnicos, políticos y procedimentales relacionados con la discusión quedan plasmados en los formatos de análisis.

Calidad del Recurso hídrico

| Interés Estratégico | Control de vertimientos industria manufacturera | Control de vertimientos industria minera | Soluciones de tratamiento de aguas residuales domésticas. | Contaminación difusa en el sector agropecuario | Otros Intereses Estratégicos |
|---|---|--|---|--|---|
| ¿Cómo debería ser? | | | | Disminución del uso de agroquímicos | Recuperación de la cobertura vegetal. Hacer cumplir la zonificación ambiental en cuanto a protección de la ronda hídrica |
| ¿Cómo me afecta el alcance del interés estratégico? | | | | Mejoramiento de calidad de alimentos y menor afectación de ecosistemas | Se disminuye erosión, se mejora conectividad y se evita contaminación al evitarse cambio del curso hídrico |
| ¿Cómo afecta el alcance del interés estratégico? | | | | Con educación para el uso de prácticas agroecológicas | *Reforestación *Control y vigilancia |
| Subzonas Prioritarias | | | | 1506 | 1506 |
| ¿Qué facilita el alcance del interés estratégico? | | | | *Articulación del plan a los POT * Ampliación de la frontera agrícola | *Participación *Articulación del plan a los POT |
| ¿Qué dificulta el alcance del interés estratégico? | | | | Ampliación de la frontera agrícola | Los intereses mineros |

Mesas de trabajo y Plenaria de conclusiones

Los participantes organizados en grupos analizan las temáticas. Se exponen en plenaria las conclusiones recopiladas en cada una de las mesas, así mismo reciben observaciones de precisión o cambio sobre dichas conclusiones. Las conclusiones son validadas por los participantes y los temas técnicos, políticos y procedimentales relacionados con la discusión quedan plasmados en los formatos de análisis.

Riesgo asociado al agua

| Interés Estratégico | Planeación para la localización de los asentamientos humanos. | Cobertura Natural de las rondas hídricas y de las áreas activas de inundación | Regulación hidráulica en embalses, reservorios, etc. | Otros Intereses Estratégicos | Otros Intereses Estratégicos |
|---|---|--|--|------------------------------|------------------------------|
| ¿Cómo debería ser? | De acuerdo al uso del suelo que no estén en zonas de alto riesgo, y con acceso a servicios públicos vías y saneamiento básico | Deberían ser función de a que altura de la cuenca se encuentra, en la cuenca alta sistemas agroforestales, en la cuenca baja bosque, | | | |
| ¿Cómo me afecta el alcance del interés estratégico? | Con una mala planeación que lograra repetir la afectación a las personas | Invasión de la madre vieja, secamiento de las zonas para asentamientos turísticos | | | |
| ¿Cómo afecta el alcance del interés estratégico? | Reconociendo las zonas de expansión de las áreas rurales y urbanas | A través de la regulación hídrica | | | |
| Subzonas Prioritarias | 1501,1506 Municipios a orillas del río Atrato y Sinú | | | | |
| ¿Qué facilita el alcance del interés estratégico? | Planeación que incluye el componente de riesgo | | | | |
| ¿Qué dificulta el alcance del interés estratégico? | Política | | | | |

LISTA DE PARTICIPANTES



MinAmbiente
Ministerio de Ambiente
y Desarrollo Sostenible

**PROSPERIDAD
PARA TODOS**



FORMULACIÓN DEL PLAN ESTRATÉGICO PARA LA MACROCUCNEN MAGDALENA-CAUCA Y CARIBE
TALLER DE ANÁLISIS ESTRATÉGICO MACROCUCNEN CARIBE
Septiembre 18/2013 – Santa Marta – CORPAMAG

| Nombre | Entidad | Cargo | e-mail | Teléfono | Firma |
|---------------------------------|---------------------------|---|--|---------------------|---------|
| 1. Marco A. Rodríguez | CORPAMAG | Prof Exp | marobarsy@gahm.co | 304-5854125 | [Firma] |
| 2. Johana Hidalgo | Corpamas | Prof Especialista | jhidalgo@corpamas.gov.co jhidalgo@outlook.com | 421680 ext. 109 | [Firma] |
| 3. José Alfonso Castañeda | ASOCIACIÓN CORPAMAG | Profesional Regional | jose.castaneda@asocars.org jcastaneda@corpamag.gov.co | 4217395 ext. 171 | [Firma] |
| 4. William Toncel | ASOCARS CORPOGUASIRA | Profesional Regional | wetoncel@gmail.com | 3153785004 | [Firma] |
| 5. Jorge Goenaga | ECOPETROL | Viabilidad Ambiental Regional Caribe | jgoenaga@ecopetrol.com.co | 315-7331112 | [Firma] |
| 6. Nuphar Charry | Fundación CALIPSO | Director General | forcefoundation@gmail.com | 317-3536697 | [Firma] |
| 7. Omar Sierra | Fundador CALIPSO | Biólogo marino | claturehoy@gmail.com | 3164149903 | [Firma] |
| 8. Armando Granados | Federación de CEFEDES | Presidente Comité | armando.granados@cefe-des.com cefe-des@colombio.org | 3145529363 | [Firma] |
| 9. Cristina Borración Aranda | MAOS DGBH | Profesional Especializado | mcborragon@minambiente.gov.co | 3323400 Ext 1172 | [Firma] |
| 10. Luis Alejandro Bastidas Ch. | PARQUES NALS NATURALES | JEFE DE AREA PROTEGIDA | alejandrobastidas@parquesnacionales.gov.co | 3005001493 | [Firma] |

Unión Temporal Plan Estratégico de las Macrocucnen Magdalena,
Cauca y Caribe

Valoración Económica Ambiental S.A.S.



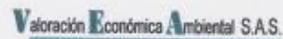
LISTA DE PARTICIPANTES



FORMULACIÓN DEL PLAN ESTRATÉGICO PARA LA MACROCUENCA MAGDALENA-CAUCA Y CARIBE
 TALLER DE ANÁLISIS ESTRATÉGICO MACROCUENCA CARIBE
 Septiembre 18/2013 – Santa Marta – CORPAMAG

| Nombre | Entidad | Cargo | e-mail | Teléfono | Firma |
|--------------------------|--|---------------------|--|--------------------|---------|
| 11. Cheyner Lebatón | Fund. Pro-Sierra Nevada de Santa Marta | Coordinador SIG | globatone.prosierra.org | 492244 47310551 | [Firma] |
| 12. Ana C. Diaz Granados | METROAGUA | Dir. Ambiental | adiazgranados@metroagua.com.co | 3195160042 | [Firma] |
| 13. Nivaldo Lombardi A | Metroagua | Ing. Ambiental | nlombardi@metroagua.com.co | 3187483851 | [Firma] |
| 14. Juan Jose Duval | Sociedad Promueve G de Santa Marta | Coord. Ambiental | Jduval@spromueve.com.co | 3202492973 | [Firma] |
| 15. Edgar Arteaga S | INUEMAR | Investigador | edgar.artiaga@inuemar.org.co | 3164380199 | [Firma] |
| 16. Edwin Casagrande | UNIMAG | DOC - Investigador | casagrande.edwin@gmail.com | 3185364930 | [Firma] |
| 17. Claudio O. Devuni | Gobernación (Venezuela) | Ph.D. Especializado | claudio.devuni@gmail.com | 3017278589 | [Firma] |
| 18. Harold Jaime Rueda | VI Macrocuenca) | Experto | haroldjaimer@valoracionambiental.com | 3217433031 | [Firma] |
| 19. Ricardo Jaime Rueda | VI Macrocuenca) | SIG | ricardojaimer@valoracionambiental.com | 1 8059446 | [Firma] |
| 20. Harold Coronado | VI Macrocuenca) | Representante | haroldcoronado@valoracionambiental.com | 3213133032 | [Firma] |

Unión Temporal Plan Estratégico de las Macrocuencas Magdalena, Cauca y Caribe



LISTA DE PARTICIPANTES



MinAmbiente
Ministerio del Medio Ambiente
y Desarrollo Sostenible

**PROSPERIDAD
PARA TODOS**



FORMULACIÓN DEL PLAN ESTRATÉGICO PARA LA MACROCUENCA MAGDALENA-CAUCA Y CARIBE
TALLER DE ANÁLISIS ESTRATÉGICO MACROCUENCA CARIBE
Septiembre 18/2013 – Santa Marta – CORPAMAG

| Nombre | Entidad | Cargo | e-mail | Teléfono | Firma |
|---------------------------|--------------------|---------------|---|----------------|---------|
| 21. Lina Montoya R | UT Macrocuencas | Asistente | linamontoya@ macrocuencas.com | 3013718843 | Lina N |
| 22. Jairo Marciano Garcia | PNNDTA | Planificación | planeacion+dtca@ par ticipacionales.gov.co | 31269644 08 | Jairo M |
| 23. | | | | | |
| 24. | | | | | |
| 25. | | | | | |
| 26. | | | | | |
| 27. | | | | | |
| 28. | | | | | |
| 29. | | | | | |
| 30. | | | | | |

Unión Temporal Plan Estratégico de las Macrocuencas Magdalena,
Cauca y Caribe

Valoración Económica Ambiental S.A.S.

ECconcept

OPTIM

MEMORIA FOTOGRÁFICA



MEMORIA FOTOGRÁFICA



MEMORIA FOTOGRÁFICA



MEMORIAS DE LA SEGUNDA RONDA DE TALLERES FASE ANÁLISIS ESTRATÉGICO: Cartagena, Septiembre 20 de 2013

Introducción y Presentación para Motivar el Ejercicio de las Mesas de Trabajo

En este momento se contextualiza a los asistentes al taller en el proceso de formulación del plan estratégico, se hace énfasis en las fases del proceso y los espacios de disertación y construcción de consensos en las regiones y a nivel central. Se aclaran las reglas de juego para el desarrollo del taller y se motiva la realización de las mesas de trabajo presentando el proceso de modelación y los resultados del mismo. La presentación tiene por objeto aclarar el origen de la información sobre escenarios de desarrollo que se someterá a discusión en las mesas de trabajo.

| ENTIDADES | ENTIDADES | OBJETIVOS DEL TALLER | AGENDA DEL TALLER |
|--|--|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Corporación Autónoma Regional Del Canal Del Dique – Cardique • MADS • IDEAM • Parques Nacionales Naturales • Aguas De Cartagena • Cotecmar • Ecopetrol | <ul style="list-style-type: none"> • Sociedad Portuaria Regional De Cartagena (Sprc) • Secretaría De Planeación • UMATA • Dimar • Gobernación De Bolívar • Fundación promotora Canal del Dique | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Desarrollar un análisis temático orientado a priorizar y precisar temas que sirvan para la construcción de los lineamientos estratégicos, teniendo en cuenta: <ul style="list-style-type: none"> • El desarrollo deseado de la Macrocuenca • La priorización de subzonas para objetivos de calidad en los principales ríos o cuerpos de agua, que permitan alcanzar el desarrollo deseado de la Macrocuenca. • Los principales usos y criterios de calidad, cantidad y disponibilidad de agua (caudal ambiental) en los grandes tramos de los ríos Atrato y Sinú. ➤ Identificar las agendas de los actores claves en cada temática. ➤ Analizar la percepción del impacto que pueden tener las acciones de otros actores sobre sus propios objetivos. | <p style="text-align: center;">Ruta Crítica</p> <ul style="list-style-type: none"> • Plan Hídrico Nacional y Socialización de la Conformación de los Consejos Ambientales Regionales de Macrocuencas – CARMAC. • Escenarios de desarrollo de la Macrocuenca y temáticas de trabajo. • Desarrollo de Mesas de trabajo • Plenaria de conclusiones |

Mesas de trabajo y Plenaria de conclusiones

Los participantes organizados en grupos analizan las temáticas. Se exponen en plenaria las conclusiones recopiladas en cada una de las mesas, así mismo reciben observaciones de precisión o cambio sobre dichas conclusiones. Las conclusiones son validadas por los participantes y los temas técnicos, políticos y procedimentales relacionados con la discusión quedan plasmados en los formatos de análisis.

Oferta hídrica

| Interés Estratégico | Productividad por unidad de área agrícola y pecuaria. | Expansión de la frontera agrícola y pecuaria. | Cambio de cobertura natural de las subzonas estratégicas. | Prioridades de conservación de los servicios ecosistémicos (Biodiversidad, Pesca, etc.). | Otros Intereses Estratégicos |
|---|---|--|---|--|------------------------------|
| ¿Cómo debería ser? | <ul style="list-style-type: none"> *uso inadecuado del suelo *Tecnología *Cambios culturales *Formación del capital natural | <ul style="list-style-type: none"> * Calidad de recurso hídrico continental y subterráneo *Cambio del uso del suelo | <ul style="list-style-type: none"> *Erosión por deforestación que disminuye zonas de recarga | <ul style="list-style-type: none"> * control de especies nativas como prioridad ante cultivos exógeno o recursos pesqueros sobreexplotados | |
| ¿Cómo me afecta el alcance del interés estratégico? | <ul style="list-style-type: none"> *Mayor competitividad *Aumento de la participación del sector en el PIB departamental *Mayor volúmenes para mercados *Seguridad alimentaria *Bienestar familiar | <ul style="list-style-type: none"> *Incremento contaminantes orgánicos e inorgánicos *Cambios caudal ecológicos y recarga acuíferos *Entraría a afectar la disponibilidad y calidad del recurso hídrico en las áreas de protección | <ul style="list-style-type: none"> *Cantidad de recurso hídrico *Cambio uso del suelo *Erosión por deforestación que disminuye zonas de recarga | <ul style="list-style-type: none"> *Pérdida de la cobertura vegetal *Introducción de especies *control crecimiento de algas *Disminución especies icticas en el agua por competencia ecológica | |
| ¿Cómo afecta el alcance del interés estratégico? | <ul style="list-style-type: none"> *Políticas agrarias *Apertura de mercados internos y externos *disminución de compra de productos a otros departamentos *TLC para productos de alta competitividad | <ul style="list-style-type: none"> *Regulación de políticas marinas de calidad de aguas y modelación de contaminantes *Caracterización fisicoquímica biológica y microbiológica *Articulación con los POT, PBOT y EOT y los planes de manejo de las AP. | <ul style="list-style-type: none"> *POMCAS *Cumplimiento del POT *Ordenar el territorio *Inundaciones en zonas costeras *fortalecer la reforestación en la zona por cultivo y área | <ul style="list-style-type: none"> *Ordenamiento de bosques * Campañas POMCA *Caracterización especies nativas y exógenas *Recuperación de zonas marinas | |
| Subzonas Prioritarias | | | | | |
| ¿Qué facilita el alcance del interés estratégico? | <ul style="list-style-type: none"> *El desarrollo del sector y otros rectores que requieren de el | <ul style="list-style-type: none"> *Acuerdos entre jurisdicciones, normatividad actualizada, regulación de insumos agropecuarios | <ul style="list-style-type: none"> *El ordenamiento de áreas protegidas *Reorganización de zonas *manejo de bienes de uso público | <ul style="list-style-type: none"> * Trabajo interinstitucional a través de convenios | |
| ¿Qué dificulta el alcance del interés estratégico? | <ul style="list-style-type: none"> *Pocos recursos con destinación a la explotación del sector *Estudios especializados | <ul style="list-style-type: none"> *Interinstitucional: generación de herramientas de gestión *Laboratorios acreditados para homologar metodologías | <ul style="list-style-type: none"> * El no ejecutar las acciones correspondientes a la ordenación del territorio en todos los componentes * Relación con sector privado vs institucional | <ul style="list-style-type: none"> *Competencia técnica *Laboratorios acreditados | |

Mesas de trabajo y Plenaria de conclusiones

Los participantes organizados en grupos analizan las temáticas. Se exponen en plenaria las conclusiones recopiladas en cada una de las mesas, así mismo reciben observaciones de precisión o cambio sobre dichas conclusiones. Las conclusiones son validadas por los participantes y los temas técnicos, políticos y procedimentales relacionados con la discusión quedan plasmados en los formatos de análisis.

Demanda hídrica

| Interés Estratégico | Reducción de pérdidas técnicas en los sistemas de abastecimiento. | Uso eficiente en el sector industrial, doméstico y agropecuario. | Soluciones de Abastecimiento (Almacenamiento, trasvase, etc) | Localización de la actividad agrícola y pecuaria | Otros Intereses Estratégicos |
|--|---|---|--|--|---|
| ¿Cómo debería ser? | <ul style="list-style-type: none"> *Renovación de redes antiguas para alcanzar un porcentaje de pérdidas técnicas del 20% *control de agua no contabilizada *Renovación en redes | <ul style="list-style-type: none"> *programa de sensibilización en los diferentes sectores para lograr un uso eficiente del recurso *controles en la captación del recurso *Control de pérdidas en sistemas de abastecimiento y transporte de tuberías | <ul style="list-style-type: none"> *Ampliar la capacidad de tratamiento y aducción *Controlar la sedimentación del río Sinú y Atrato *Implementación de un plan PUEA | | <ul style="list-style-type: none"> *Control de sedimentación canal del Dique hasta Gamarra *disponibilidad del recurso |
| ¿Cómo me afecta el alcance del interés estratégico? | <ul style="list-style-type: none"> *Alto impacto económico para la empresa prestadora por los costos operativos | <ul style="list-style-type: none"> * Incremento de gastos *Impacto económico | <ul style="list-style-type: none"> *Limitación para el desarrollo de nuevas zonas que permita incrementar el número de usuarios *Disminuye la profundidad de los cuerpos de agua | | <ul style="list-style-type: none"> *Disminuye la profundidad de la bahía de Cartagena, del canal del dique y del río Magdalena *Posibilidad de no contar con el recurso |
| ¿Cómo afecta el alcance del interés estratégico? | <ul style="list-style-type: none"> *Incrementa en la tarifa *Altos costos operativos | <ul style="list-style-type: none"> *Agotamiento del recurso | <ul style="list-style-type: none"> *Desarrollo de la construcción en nuevas zonas de expansión | | <ul style="list-style-type: none"> *Deterioro del recurso |
| Subzonas Prioritarias | | 1301,1401 | | | 2903,1310,1401 |
| ¿Qué facilita el alcance del interés estratégico? | <ul style="list-style-type: none"> *Asignación de recursos propios y/o gubernamentales para la renovación de redes viejas | <ul style="list-style-type: none"> *Campañas de sensibilización a los usuarios. Destinación de recursos para la ejecución *Establecer un seguimiento *Establecer unos indicadores | <ul style="list-style-type: none"> *Tramitar la consecución de recursos de financiación *Realizar las obras de infraestructura para controlar la sedimentación de los ríos | | <ul style="list-style-type: none"> *Desarrollar los proyectos en curso *Conservación y buenas prácticas de las comunidades |
| ¿Qué dificulta el alcance del interés estratégico? | <ul style="list-style-type: none"> * Alto impacto económico por la inversión | <ul style="list-style-type: none"> *Costumbres culturales y falta de compromiso de los usuarios con la protección del recurso hídrico | <ul style="list-style-type: none"> *Altos costos de inversión | | <ul style="list-style-type: none"> *Agilizar el proceso de ejecución de obras * Dificil en la gestión del recurso |

Mesas de trabajo y Plenaria de conclusiones

Los participantes organizados en grupos analizan las temáticas. Se exponen en plenaria las conclusiones recopiladas en cada una de las mesas, así mismo reciben observaciones de precisión o cambio sobre dichas conclusiones. Las conclusiones son validadas por los participantes y los temas técnicos, políticos y procedimentales relacionados con la discusión quedan plasmados en los formatos de análisis.

Calidad del Recurso hídrico

| Interés Estratégico | Control de vertimientos industria manufacturera | Control de vertimientos industria minera | Soluciones de tratamiento de aguas residuales domésticas. | Contaminación difusa en el sector agropecuario | Otros Intereses Estratégicos |
|---|---|--|---|---|--|
| ¿Cómo debería ser? | | | Los municipios de la región son muy pobres por lo que sin la ayuda del gobierno no lo pueden hacer. *Apoyo económico y de capacitación | Incentivos económicos persuasivos para disminución de cargas contaminantes. | Solución a los vertimientos de residuos sólidos CAR invierta en rellenos sanitarios |
| ¿Cómo me afecta el alcance del interés estratégico? | | | No se alcanza a cumplir las normas de vertimiento | *Eutrofización de las aguas * Contaminación de acuíferos | Contaminación de cuerpos de agua y acuíferos |
| ¿Cómo afecta el alcance del interés estratégico? | | | *Sanciones a los municipios *Inversión en descontaminación | Más inversión y gestión para la descontaminación | Mayor inversión |
| Subzonas Prioritarias | | | 1401 2903 2901 | 1401 2903 2901 | |
| ¿Qué facilita el alcance del interés estratégico? | | | *Subsidios del gobierno de PTAR y PTAP *Mayor sanción a alcaldes | Que el gobierno persuada con incentivos económicos | *Cumplimiento efectivo del plan de gestión integral de residuos sólidos *Apoyo económico a municipios *Sanción por incumplir |
| ¿Qué dificulta el alcance del interés estratégico? | | | *Municipios pobres, no hay acueducto, mucho menos STAR *Capacidad institucional de municipios y car | Arraigos a técnicas de cultivos y uso del suelo | Cultura y costumbre |

Mesas de trabajo y Plenaria de conclusiones

Los participantes organizados en grupos analizan las temáticas. Se exponen en plenaria las conclusiones recopiladas en cada una de las mesas, así mismo reciben observaciones de precisión o cambio sobre dichas conclusiones. Las conclusiones son validadas por los participantes y los temas técnicos, políticos y procedimentales relacionados con la discusión quedan plasmados en los formatos de análisis.

Calidad del Recurso hídrico

| Interés Estratégico | Control de vertimientos industria manufacturera | Control de vertimientos industria minera | Soluciones de tratamiento de aguas residuales domésticas. | Contaminación difusa en el sector agropecuario | Otros Intereses Estratégicos |
|---|---|---|---|--|--|
| ¿Cómo debería ser? | | Aplicación de normas, donde se establezcan los límites permisibles en el uso de ciertos químicos | | | Aporte de sedimentos de la macrocuenca Establecimientos de obras hidráulicas para la recuperación de la navegabilidad |
| ¿Cómo me afecta el alcance del interés estratégico? | | Arrastres de partículas químicas utilizadas en actividades mineras afectando los ecosistemas y sus especies asociadas | | | Pérdida de los cuerpos de agua (Ciénagas y caños) convirtiéndolos en playones, al punto de desaparecer como área protegida |
| ¿Cómo afecta el alcance del interés estratégico? | | | | | |
| Subzonas Prioritarias | | 1309-Directos Caribe Golfo Morrosquillo | | | 1309- Directos Caribe Golfo Morrosquillo |
| ¿Qué facilita el alcance del interés estratégico? | | Que exista una voluntad política para que se haga efectiva la aplicación en la norma | | | Revisión de estudios para mirar los impactos que generan la implementación de obras hidráulicas por parte del gobierno nacional. |
| ¿Qué dificulta el alcance del interés estratégico? | | | | | |

Mesas de trabajo y Plenaria de conclusiones

Los participantes organizados en grupos analizan las temáticas. Se exponen en plenaria las conclusiones recopiladas en cada una de las mesas, así mismo reciben observaciones de precisión o cambio sobre dichas conclusiones. Las conclusiones son validadas por los participantes y los temas técnicos, políticos y procedimentales relacionados con la discusión quedan plasmados en los formatos de análisis.

Calidad del Recurso hídrico

| Interés Estratégico | Control de vertimientos industria manufacturera | Control de vertimientos industria minera | Soluciones de tratamiento de aguas residuales domésticas. | Contaminación difusa en el sector agropecuario | Otros Intereses Estratégicos |
|---|--|---|--|---|--|
| ¿Cómo debería ser? | | | Ampliar la cobertura de los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas | Realizando mayor control sobre los agroquímicos | Sistemas integrados de información estandarizados |
| ¿Cómo me afecta el alcance del interés estratégico? | | | | | Baja calidad de información e insuficiente |
| ¿Cómo afecta el alcance del interés estratégico? | | | | | Acompañamientos con lineamientos, estándares y protocolos |
| Subzonas Prioritarias | | | | | |
| ¿Qué facilita el alcance del interés estratégico? | | | | | En alguna medida la política y normativa ambiental |
| ¿Qué dificulta el alcance del interés estratégico? | | | | Baja capacidad de control sobre su uso | Baja capacidad operativa de las entidades responsables (Autoridades ambientales) |

Mesas de trabajo y Plenaria de conclusiones

Los participantes organizados en grupos analizan las temáticas. Se exponen en plenaria las conclusiones recopiladas en cada una de las mesas, así mismo reciben observaciones de precisión o cambio sobre dichas conclusiones. Las conclusiones son validadas por los participantes y los temas técnicos, políticos y procedimentales relacionados con la discusión quedan plasmados en los formatos de análisis.

Riesgo asociado al agua

| Interés Estratégico | Planeación para la localización de los asentamientos humanos. | Cobertura Natural de las rondas hídricas y de las áreas activas de inundación | Regulación hidráulica en embalses, reservorios, etc. | Otros Intereses Estratégicos | Otros Intereses Estratégicos |
|---|--|--|--|---|------------------------------|
| ¿Cómo debería ser? | Elaborar un censo poblacional y analizar de primer plano la ubicación de los asentamientos y si existe sobrepoblación. Cuales estarían afectadas | Reforestadas, con especies nativas, formando una barrera viva a lo largo de las rondas | Bajo un plan de manejo participativo por la comunidad afectada | Vertimientos de residuos a las cuencas | |
| ¿Cómo me afecta el alcance del interés estratégico? | *Planeación inadecuada *Registros no existentes de la población | Afecta el presupuesto de los municipios, disminución del área agrícola | Realizar campañas, estudios, seguimiento y control | Un control inadecuado, no existen seguimientos estrictos. | |
| ¿Cómo afecta el alcance del interés estratégico? | Lograr una planeación departamental mecanismos que lleven a consolidar datos confiables | Estudio de las especies vegetales que se dan en la ronda. Realizando campañas de reforestación participativas | Con una regulación concertada bajo un plan de manejo de agua para cultivos y otros | Aumentando los controles y cumplir las normas y sanciones | |
| Subzonas Prioritarias | | 1401 | 1401 | | |
| ¿Qué facilita el alcance del interés estratégico? | Un buen manejo de los POT y una excelente planeación | Control a inundaciones, mejora el ambiente. Control de erosión El ministerio del medio ambiente | *Control en el manejo por la comunidad *Comunicación interinstitucional | Valer las normas y ejercer un buen control y seguimiento | |
| ¿Qué dificulta el alcance del interés estratégico? | Falta de interés y no tener los POT acorde a la planeación | *Recursos económicos *Áreas de propiedad privada cedida | *Falta de organización de las comunidades *Tener a la mano la información de los embalses | *Ser sensible ante las leyes y normas *Falta de voluntad | |

LISTA DE PARTICIPANTES



MinAmbiente
Ministerio de Ambiente
y Planificación Urbana

PROSPERIDAD
PARA TODOS



FORMULACIÓN DEL PLAN ESTRATÉGICO PARA LA MACROCUENCA MAGDALENA-CAUCA Y CARIBE
TALLER DE ANÁLISIS ESTRATÉGICO MACROCUENCA CARIBE
Septiembre 20/2013 – Cartagena – UTB

| Nombre | Entidad | Cargo | e-mail | Teléfono | Firma |
|-----------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|---|-------------|--------------|
| 1. ORLANDO VECINO HOWARD | SOCIEDAD PORTUARIA REG. DE CARTAGENA | DIRECCION INGENIERIA - GESTION AMO. | orecino@spro.com.co | 312-6231746 | O. Vecino |
| 2. Mauricio Bayona | NADS | Asesor DGIRH | maboyona@yahoo.com | 3166700071 | M. Bayona |
| 3. Leandryo Dominguez | SPD | Asesor Externo | leandryodominguez@telefonos.com | 307169342 | L. Dominguez |
| 4. Lorena Rincón O. | Secretaria de Planeación D. | Asesor | Carmamitsh@hotmail.com | 317374212 | L. Rincón |
| 5. Divin Juliette Charco Calderón | ECOPETROL. | Profesional Ambiental | divin.charco@ecopetrol.com.co | 3183926959 | D. Charco |
| 6. Gustavo | CARDIANS | Prof. Super | gustavo@calderon.com | 3126604612 | G. Calderón |
| 7. Pedro González | Gobernación de Bolívar | Ing. Ambiental | direccion_tecnica_de_ambiente@gbolivar.gov.co | 3135066986 | P. González |
| 8. German Fungel Pineda | PNN SFF Carchal El Mono Hernández | Técnico Administrat. | germanrapite@hotmail.com | 3107279284 | G. Fungel |
| 9. Nelson Barbosa | PNN SFF Los Colorados | Prof. Universitario | nelsonde.la.rosa@gmail.com | 3157529355 | N. Barbosa |
| 10. Alberto Pacheco Castillo | PNN SFF El Carchal | Prof. Univ. | alberto_pacheco100@yahoo.com | 3104328503 | A. Pacheco |

Unión Temporal Plan Estratégico de las Macrocuencas Magdalena, Cauca y Caribe

Valoración Económica Ambiental S.A.S.



LISTA DE PARTICIPANTES



MinAmbiente
Ministerio del Ambiente
y Ordenamiento Territorial

**PROSPERIDAD
PARA TODOS**



**FORMULACIÓN DEL PLAN ESTRATÉGICO PARA LA MACROCUCENA MAGDALENA-CAUCA Y CARIBE
TALLER DE ANÁLISIS ESTRATÉGICO MACROCUCENA CARIBE
Septiembre 20/2013 – Cartagena – UTB**

| Nombre | Entidad | Cargo | e-mail | Teléfono | Firma |
|---------------------------|-------------------------------------|-----------------------|---|-------------|---------|
| 1. Zulay Luna Pérez | Sociedad Panamericana | ASESOR | Zulay.luna.fundacion@gmail.com | 3157531404 | [Firma] |
| 2. Arcenio Rivera | Cardique | Prof. Univ. | arquiviste@hotmail.com | 311-6284307 | [Firma] |
| 3. Juan y Juana Blanco P. | Caroquice | Técnicos Operativos | blancojuana83@hotmail.com | 3014629160 | [Firma] |
| 4. Robert Rumbos R. | Caroquice | Prof. ESP. | robertarumbos32@tcl.com.co | 6694666 | [Firma] |
| 5. Pedro González | Gobernación de Bolívar | Ing Medio Amb | direccion tecnica de Ambiente@gmail.com | 3135066974 | [Firma] |
| 6. Diana Chacón | ECOPELUC | Propaganda / Internet | diana.chacon@ecopeluc.com | 3153170859 | [Firma] |
| 7. Lina Z. Rosas | PRINCESA | PROF. UNIVERSITARIO | Lina_z3mar77@hotmail.com | 3008096327 | [Firma] |
| 8. Belman Belman | CARDIQUE | Prof. Especialista | geomonbelman@gmail.com | 3163759837 | [Firma] |
| 9. Yane Eufemia Robín | Fundación Promotora Canal del Dique | Directora | marial_robín@hotmail.com | 3205779957 | [Firma] |
| 10. Pedro Rosa Guerrero | UMATA - Ciénaga | Prof. Universitario | patroca.8806@hotmail.es | 318-6147779 | [Firma] |

Unión Temporal Plan Estratégico de las Macrocuenas Magdalena, Cauca y Caribe

Valoración Económica Ambiental S.A.S.



LISTA DE PARTICIPANTES



MinAmbiente
Ministerio de Ambiente
y Desarrollo Sostenible

PROSPERIDAD
PARA TODOS



FORMULACIÓN DEL PLAN ESTRATÉGICO PARA LA MACROCUECNA MAGDALENA-CAUCA Y CARIBE
TALLER DE ANÁLISIS ESTRATÉGICO MACROCUECNA CARIBE
Septiembre 20/2013 – Cartagena – UTB

| Nombre | Entidad | Cargo | e-mail | Teléfono | Firma |
|-----------------------------|--------------------|-----------------------------------|--|--------------|---------|
| 1. Manuel Pérez Vergara | Aguas de Cartagena | E.G. S. Director | mperez@acua-car.com | 300 275 2905 | [Firma] |
| 2. José E. Zapata | Aguas de Cauca | Jefe de Oficina | J.ZAPATA@ACUA-CAU.COM | 320 692 9081 | [Firma] |
| 3. Diana Quintana Scaevedia | DIMAR - CROH | Protección Medio Marino | diana.quintana@dimar.mil dianamunicag@gmail.com | 318 587 3479 | [Firma] |
| 4. Gabriel Saldaña | IDEAM | Coordinador Grupo Evaluación | gsaldamaga@ideam.gov.co | 316 314 6016 | [Firma] |
| 5. Jairo Caro Muñoz | DIMAR - CROS | Coordinador de Gestión Ambiental | Jairo Caro Muñoz | 301 781 5693 | [Firma] |
| 6. Ana V. Céspedes | COTECMAR | Coordinadora de Gestión Ambiental | acespedes@cotecmar.com | 301-774 3832 | [Firma] |
| 7. Oscar Varela O. | Sec. Planeación | Dir. Ing. Asesor | oscar.varela@hotmail.com | 301 736 2177 | [Firma] |
| 8. Haider Jaime Rueda | UT Macrocuencas | Experto | haider.jaime@valquicuaambiental.com | 311 341 3031 | [Firma] |
| 9. Rolando Jaime Rueda | UT Macrocuencas | SIG | rolandojaime@valquicuaambiental.com | 305 9416 | [Firma] |
| 10. Harold Coronado | UT Macrocuencas | Representante | haroldcoronado@valquicuaambiental.com | 311 343 3030 | [Firma] |

Unión Temporal Plan Estratégico de las Macrocuencas Magdalena, Cauca y Caribe

Valoración Económica Ambiental S.A.S.



LISTA DE PARTICIPANTES



MinAmbiente
Ministerio de Ambiente
y Ordenamiento Territorial

**PROSPERIDAD
PARA TODOS**



FORMULACIÓN DEL PLAN ESTRATÉGICO PARA LA MACROCUENCA MAGDALENA-CAUCA Y CARIBE
TALLER DE ANÁLISIS ESTRATÉGICO MACROCUENCA CARIBE
Septiembre 20/2013 – Cartagena – UTB

| Nombre | Entidad | Cargo | e-mail | Teléfono | Firma |
|----------------------|--------------------|-----------|----------------------------------|------------|---------|
| 31. Lina Montoya R | UT Macrocuencas | Asistente | linamontaya@ macrocuencas.com | 3013712843 | Lina M. |
| 32. Luis M. Guardola | UMATA / CAUCA | Director | luisguardola@yahoo.com | 3165236977 | |
| 33. | | | | | |
| 34. | | | | | |
| 35. | | | | | |
| 36. | | | | | |
| 37. | | | | | |
| 38. | | | | | |
| 39. | | | | | |
| 40. | | | | | |

Unión Temporal Plan Estratégico de las Macrocuencas Magdalena,
Cauca y Caribe

Valoración Económica Ambiental S.A.S.

ECconcept



MEMORIA FOTOGRÁFICA



MEMORIA FOTOGRÁFICA



MEMORIA FOTOGRÁFICA



MEMORIAS DE LA SEGUNDA RONDA DE TALLERES FASE ANÁLISIS ESTRATÉGICO: Cúcuta, Septiembre 27 de 2013

Introducción y Presentación para Motivar el Ejercicio de las Mesas de Trabajo

En este momento se contextualiza a los asistentes al taller en el proceso de formulación del plan estratégico, se hace énfasis en las fases del proceso y los espacios de disertación y construcción de consensos en las regiones y a nivel central. Se aclaran las reglas de juego para el desarrollo del taller y se motiva la realización de las mesas de trabajo presentando el proceso de modelación y los resultados del mismo. La presentación tiene por objeto aclarar el origen de la información sobre escenarios de desarrollo que se someterá a discusión en las mesas de trabajo.

| ENTIDADES | ENTIDADES | OBJETIVOS DEL TALLER | AGENDA DEL TALLER |
|--|--|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Corporación Autónoma Regional De La Frontera Nororiental – Corponor • MADS • ASOCARS • Aguas Kpital Cúcuta S.A E.S.P • Suinco del Norte • Ecopetrol • Consejo Cuenca Río Pamplonita • ASOPALCAT | <ul style="list-style-type: none"> • Alcaldía De Cúcuta • UNGRD • Secretaría Aguas departamental • Unidad Administrativa para la Consolidación Territorial • Universidad De Pamplona • Universidad Santo Tomás • Universidad Francisco de Paula Santander | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Desarrollar un análisis temático orientado a priorizar y precisar temas que sirvan para la construcción de los lineamientos estratégicos, teniendo en cuenta: <ul style="list-style-type: none"> • El desarrollo deseado de la Macrocuenca • La priorización de subzonas para objetivos de calidad en los principales ríos o cuerpos de agua, que permitan alcanzar el desarrollo deseado de la Macrocuenca. • Los principales usos y criterios de calidad, cantidad y disponibilidad de agua (caudal ambiental) en los grandes tramos de los ríos Atrato y Sinú. ➤ Identificar las agendas de los actores claves en cada temática. ➤ Analizar la percepción del impacto que pueden tener las acciones de otros actores sobre sus propios objetivos. | <p style="text-align: center;">Ruta Crítica</p> <ul style="list-style-type: none"> • Plan Hídrico Nacional y Socialización de la Conformación de los Consejos Ambientales Regionales de Macrocuencas – CARMAC. • Escenarios de desarrollo de la Macrocuenca y temáticas de trabajo. • Desarrollo de Mesas de trabajo • Plenaria de conclusiones |

Mesas de trabajo y Plenaria de conclusiones

Los participantes organizados en grupos analizan las temáticas. Se exponen en plenaria las conclusiones recopiladas en cada una de las mesas, así mismo reciben observaciones de precisión o cambio sobre dichas conclusiones. Las conclusiones son validadas por los participantes y los temas técnicos, políticos y procedimentales relacionados con la discusión quedan plasmados en los formatos de análisis.

Oferta hídrica

| Interés Estratégico | Productividad por unidad de área agrícola y pecuaria. | Expansión de la frontera agrícola y pecuaria. | Cambio de cobertura natural de las subzonas estratégicas. | Prioridades de conservación de los servicios ecosistémicos (Biodiversidad, Pesca, etc.). | Otros Intereses Estratégicos |
|---|--|--|---|--|---|
| ¿Cómo debería ser? | *Debería aumentar. De esta manera se evita aumentar la frontera agrícola y garantiza la producción de alimentos | *No se debe ampliar la frontera agrícola | * Se debe recuperar cobertura natural propia de la región | *Se deben declarar áreas de importancia que deben quedar exentas de actividades definidas | *Protección de áreas estratégicas *Conservación del bosque tropical |
| ¿Cómo me afecta el alcance del interés estratégico? | *Positiva: Aumenta la extensión universitaria en la implementación de tecnologías | * La conservación de ecosistemas esenciales que a su vez son laboratorios de investigación únicos | *Conservación de laboratorios naturales *Características como infiltración | *Se mantiene la mejora a la biodiversidad presente en las regiones | * Mantenimiento de zonas de recarga de cuencas y amortiguamientos |
| ¿Cómo afecta el alcance del interés estratégico? | *Brindar apoyo al crecimiento del agro a partir de conocimientos y tecnología de punta *Aplicación de la normatividad referente a la protección de márgenes de fuentes hídricas | *A través de educación y concientización tanto de la comunidad como del sector industrial. * El no cumplimiento de la zonificación ambiental contemplada en el POT y POMCAS | * Identificando problemática e intereses para concientización ambiental (educación) | *Investigación, identificación de línea base y capacitación al personal. | *Proyectos e investigación *Mayor preocupación de los usuarios del agua |
| Subzonas Prioritarias | | | | | |
| ¿Qué facilita el alcance del interés estratégico? | *Inversión económica, tecnologías y en educación en los agricultores. Integración e interinstitucionalidad | * La identificación y definición de zonas de conservación y protección de los POT y POMCAS | | *Que haya desarrollo económico y social sin deterioro de los recursos con planes de manejo ambiental concertados | * Regulación hídrica *Ecosistemas tropicales conservados |
| ¿Qué dificulta el alcance del interés estratégico? | *La falta de interinstitucionalidad en los proyectos que se llevan a cabo en términos de unificación de criterios | * La no aplicación del POT y POMCAS en los planes de desarrollo de los entes territoriales y planes de acción institucional | | * El no cumplimiento de planes de manejo ambiental y no seguimiento a las licencias ambientales otorgadas | *La realización de proyectos nacionales * Falta de recursos para la protección del recurso hídrico |

Mesas de trabajo y Plenaria de conclusiones

Los participantes organizados en grupos analizan las temáticas. Se exponen en plenaria las conclusiones recopiladas en cada una de las mesas, así mismo reciben observaciones de precisión o cambio sobre dichas conclusiones. Las conclusiones son validadas por los participantes y los temas técnicos, políticos y procedimentales relacionados con la discusión quedan plasmados en los formatos de análisis.

Oferta hídrica

| Interés Estratégico | Productividad por unidad de área agrícola y pecuaria. | Expansión de la frontera agrícola y pecuaria. | Cambio de cobertura natural de las subzonas estratégicas. | Prioridades de conservación de los servicios ecosistémicos (Biodiversidad, Pesca, etc.). | Otros Intereses Estratégicos |
|---|---|---|---|--|---|
| ¿Cómo debería ser? | *Implementación de proyectos productivos sostenibles con tecnología en las áreas de vocación agrícola y pecuaria | *Que no afecte los ecosistemas estratégicos identificados y priorizados en los POT siendo restringido y controlado teniendo en cuenta la vocación del uso del suelo | *Protección y conservación de zonas estratégicas definidas en el POT. Se consideraría cambios por razones técnicas y de bien colectivo que sean sustentados | * Declaratoria de zonas de reserva del recurso hídrico (áreas de recarga de acuíferos, páramos, subpáramos y complejos lagunares) | * Reglamentación de corrientes, concesiones |
| ¿Cómo me afecta el alcance del interés estratégico? | *Que se extienda la productividad agrícola y pecuaria en nuestras áreas que son de conservación | *La destrucción de áreas de conservación y protección de nacientes | | *Que no exista planes y programas con recursos económicos, técnicos y logísticos * Cuando se cambia el uso del suelo se presenta impactos ambientales negativos | *Disminución del ecosistema *Pérdida de especies endémicas |
| ¿Cómo afecta el alcance del interés estratégico? | | | | *Impactos negativos e irreversibles cuando no se toman decisiones de interés colectivo * Limitantes en el uso del suelo | |
| Subzonas Prioritarias | | | | | |
| ¿Qué facilita el alcance del interés estratégico? | *Posibilidad de inversión económicas, capacitación, educación, tecnología e integración de actores públicos, privados y comunidades | | | *Conservación y protección del recurso hídrico para la supervivencia y desarrollo económico y social *Protección de la biodiversidad | |
| ¿Qué dificulta el alcance del interés estratégico? | | | | | |

Mesas de trabajo y Plenaria de conclusiones

Los participantes organizados en grupos analizan las temáticas. Se exponen en plenaria las conclusiones recopiladas en cada una de las mesas, así mismo reciben observaciones de precisión o cambio sobre dichas conclusiones. Las conclusiones son validadas por los participantes y los temas técnicos, políticos y procedimentales relacionados con la discusión quedan plasmados en los formatos de análisis.

Demanda hídrica

| Interés Estratégico | Reducción de pérdidas técnicas en los sistemas de abastecimiento. | Uso eficiente en el sector industrial, doméstico y agropecuario. | Soluciones de Abastecimiento (Almacenamiento, trasvase, etc) | Localización de la actividad agrícola y pecuaria | Otros Intereses Estratégicos |
|---|--|---|--|--|--|
| ¿Cómo debería ser? | * Se establece un plan de inversión para los municipios afectados por amenazas naturales | *Realizando control y vigilancia al programa de uso eficiente y ahorro del agua | * Por medio del embalse *Explotación subterránea | | *Localización de la actividad minera |
| ¿Cómo me afecta el alcance del interés estratégico? | | * Aumento de los vertimientos generando mayor contaminación hídrica | *Fallas en la oferta del recurso a las poblaciones | | *Contaminación hídrica |
| ¿Cómo afecta el alcance del interés estratégico? | * A través de consultoría y acordando municipios | *Sin control del programa genera más vertimientos | * Con diseños y estudios técnicos del área | | * Con control y vigilancia |
| Subzonas Prioritarias | 1601 1602 1604 | 1601 1602 1603 1604 | 1601 1602 1603 1604 | | 1602 |
| ¿Qué facilita el alcance del interés estratégico? | *El interés de los municipios afectados | * Los entes fiscalizadores gubernamentales | * El abastecimiento a la población | | * Las medidas de protección que se han tomado en algunas áreas |
| ¿Qué dificulta el alcance del interés estratégico? | *Limitaciones del presupuesto | *Falta de personal en estas entidades y la falta de participación ciudadana | * Limitaciones presupuestales | | * Falta de apoyo nacional para no otorgar permisos |

Mesas de trabajo y Plenaria de conclusiones

Los participantes organizados en grupos analizan las temáticas. Se exponen en plenaria las conclusiones recopiladas en cada una de las mesas, así mismo reciben observaciones de precisión o cambio sobre dichas conclusiones. Las conclusiones son validadas por los participantes y los temas técnicos, políticos y procedimentales relacionados con la discusión quedan plasmados en los formatos de análisis.

Calidad del Recurso hídrico

| Interés Estratégico | Control de vertimientos industria manufacturera | Control de vertimientos industria minera | Soluciones de tratamiento de aguas residuales domésticas. | Contaminación difusa en el sector agropecuario | Otros Intereses Estratégicos |
|---|---|--|---|--|--|
| ¿Cómo debería ser? | Establecer tratamiento en el sitio mediante STAR o PTAR y descarga en sitio autorizado | *Cumpliendo normatividad. * Metodología adecuada *Controlar los óxidos de azufre para disminuir el efecto sobre la lluvia ácida. | *Con excelentes tratamientos biológicos | *Controlar la aplicación de agroquímicos en toxicidad y aplicación | *Contaminación por agroindustria |
| ¿Cómo me afecta el alcance del interés estratégico? | Afectación por la disminución en el recurso hídrico | Afecta calidad de agua para el consumo | Calidad del agua potable | *Calidad agua potable *Disminución de seres vivos en el agua | *Contaminación agua de uso doméstico y potable |
| ¿Cómo afecta el alcance del interés estratégico? | Promoviendo y cofinanciando proyectos de saneamiento | Promoviendo programas de promotores ambientales | Promoviendo programas enfocados a implementación de STAR y PTAR | Generando procesos de promotores ambientales | Apoyando procesos de formación al sector agroindustrial |
| Subzonas Prioritarias | C. Zula C. Pamplona | C. Zula C. Pamplona C. Catatumbo C. Río cubugan | C. Zula C. Pamplona C. Catatumbo C. Río cubugan | C. Zula C. Pamplona C. Catatumbo C. Río cubugan | C. Zula C. Pamplona C. Catatumbo C. Río cubugan |
| ¿Qué facilita el alcance del interés estratégico? | *Administración municipal *Autoridad Ambiental *Gobierno departamental y nacional | *Entidades gubernamentales *Autoridad Ambiental | *Alcaldía, gobierno departamental y nacional *Autoridad Ambiental *Empresas que realicen inversión social | *Capacitación agricultora *Control y vigilancia agroquímicos *ICA-Autoridad ambiental | *Control y vigilancia *Capacitación y formación ambiental |
| ¿Qué dificulta el alcance del interés estratégico? | Que el tema de calidad del recurso hídrico no sea prioridad para el gobierno | Control y vigilancia ambiental | *Que el agua (calidad) no es prioritario *Falta de recursos financieros del gobierno | *Acercamiento al 100% de los productores agrícolas y pecuarios *Deficiente control de mercados agroquímicos | Deficiencia en el control y vigilancia |

Mesas de trabajo y Plenaria de conclusiones

Los participantes organizados en grupos analizan las temáticas. Se exponen en plenaria las conclusiones recopiladas en cada una de las mesas, así mismo reciben observaciones de precisión o cambio sobre dichas conclusiones. Las conclusiones son validadas por los participantes y los temas técnicos, políticos y procedimentales relacionados con la discusión quedan plasmados en los formatos de análisis.

Riesgo asociado al agua

| Interés Estratégico | Planeación para la localización de los asentamientos humanos. | Cobertura Natural de las rondas hídricas y de las áreas activas de inundación | Regulación hidráulica en embalses, reservorios, etc. | Otros Intereses Estratégicos | Otros Intereses Estratégicos |
|---|---|--|--|---|---|
| ¿Cómo debería ser? | Localización de asentamientos humanos debería obedecer a estrategia de planificación que empiezan desde lo local. | Delimitar, reconocer y espacializar las diferencias significativas entre zonas de ronda hídrica y zonas sujetas a inundaciones | | La escala del plan no puede identificar detalles significativos que permitan condicionar o restringir el uso del suelo. | Zonificación de amenaza y riesgo debe ser netamente indicativa o mejor a nivel de POMCA |
| ¿Cómo me afecta el alcance del interés estratégico? | *Incremento de asistencia técnica a los municipios. *Aumenta de inversión en conocimiento del riesgo | Aumento y diferenciación del conocimiento con una mejor ordenación territorial | | | |
| ¿Cómo afecta el alcance del interés estratégico? | *Disminución de escenarios de riesgo y potencialización de desarrollo seguro del territorio a través del conocimiento | Articulación interinstitucional, regional o sectorial. | | | |
| Subzonas Prioritarias | | | | | |
| ¿Qué facilita el alcance del interés estratégico? | *Apropiaciones por parte de autoridades locales, departamentales y corporaciones autónomas *Articulación interinstitucional *Disminución de vulnerabilidad económica y social | *Delimitación de zonas de ronda *Zonificación de amenaza por inundación de a escala adecuada a nivel de POMCA | | | |
| ¿Qué dificulta el alcance del interés estratégico? | *Cruce de competencia o ausencia de las mismas *Desarticulación interinstitucional *Corrupción | La amplitud de la escala del plan no permite ni está concebido para tomar decisiones restrictivas | | | |

LISTA DE PARTICIPANTES



MinAmbiente
Ministerio de Ambiente
y Desarrollo Sostenible

**PROSPERIDAD
PARA TODOS**



FORMULACIÓN DEL PLAN ESTRATÉGICO PARA LA MACROCUCENA MAGDALENA-CAUCA Y CARIBE
TALLER DE ANÁLISIS ESTRATÉGICO MACROCUCENA CARIBE
Septiembre 27/2013 – Cúcuta - CORPONOR

| Nombre | Entidad | Cargo | e-mail | Teléfono | Firma |
|--------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|--|--------------------|--------------------------------|
| 1. Carlos Castellano | Univer. de Pamplona | Docente | carlos.castellano@unipamplona.edu.co | 300 6979127 | <i>[Handwritten Signature]</i> |
| 2. Martha Cristina Barragón A. | MinAmbiente dir. recurso hídrico | Profesional especializada. | mc.barragon@minambiente.gov.co | 1 3323400 Ext 1172 | <i>[Handwritten Signature]</i> |
| 3. Juan Felipe Carrasal G. | Minambiente dir. recurso hídrico | asesor. | jcarrasgal@minambiente.gov.co | 1 3323400 Ext 1172 | <i>[Handwritten Signature]</i> |
| 4. Bibiana Hernández | Secretaría Agua departamental | Consultora | bibiana.heriz@hotmail.com | 3138891159 | <i>[Handwritten Signature]</i> |
| 5. Maribel Soto | Suinao del Norte | Administrador. | ingmaribelsoto@hotmail.com | 3134465347 | <i>[Handwritten Signature]</i> |
| 6. Roque Julio Gomet | UACT | Profesional especializado. | roque.gomet@consolidacion.gov.co | 3114439809 | <i>[Handwritten Signature]</i> |
| 7. Marcela Guerrero | Unidad de Gestión del Riesgo. | Profesional especializado | marcela.guerrero@gestiondelriesgo.gov.co | 300 3672072 | <i>[Handwritten Signature]</i> |
| 8. Yerson Ramiro Carrillo | Alcaldía de Cúcuta | Compromiso Ambiental. | yerson_89@hotmail.com | 3214466350 | <i>[Handwritten Signature]</i> |
| 9. Jose Luis Flórez Rivera | Alcaldía de Cúcuta | Arto Consejo del M. Ambi. | gentedefronteras@gmail.com | 3153839299 | <i>[Handwritten Signature]</i> |
| 10. Claudia Robalillo | ECOPETROL | Profesional Compensación e Inversión | claudia.robalillo@hotmail.com | 3124028191 | <i>[Handwritten Signature]</i> |

Unión Temporal Plan Estratégico de las Macrocuenas Magdalena, Cauca y Caribe

Valoración Económica Ambiental S.A.S.



LISTA DE PARTICIPANTES



MinAmbiente
Ministerio de Ambiente
y Desarrollo Sostenible

**PROSPERIDAD
PARA TODOS**



FORMULACIÓN DEL PLAN ESTRATÉGICO PARA LA MACROCUENCA MAGDALENA-CAUCA Y CARIBE
TALLER DE ANÁLISIS ESTRATÉGICO MACROCUENCA CARIBE
Septiembre 27/2013 – Cúcuta - CORPONOR

| Nombre | Entidad | Cargo | e-mail | Teléfono | Firma |
|------------------------|---------------------------------------|------------------------------|---------------------------------------|-----------------|--------------------|
| 1. Jose Alejandro León | Aguas KPTal | Inspector prot. ambientales | jose.leon@akc.com | 3183421687 | <i>[Signature]</i> |
| 2. Ugo... dores | Corporación | Prof. Univers. | m... corporacion.gov.co | 5828484 | <i>[Signature]</i> |
| 3. Nohara Celis D. | CORPONOR | Profesional Recursos Humanos | ncelis@corporacion.gov.co | 5828484 ext 347 | Nohara Celis |
| 4. Parmentio Binoco | Asopalcat Uno | Representante legal | parmentio.binoco@palcat.com | 3142181941 | <i>[Signature]</i> |
| 5. Jorge E. Araque | Consejo Cauca PISO Pampalona | Presidente | jorgearaques3@viva.com | 3123769928 | <i>[Signature]</i> |
| 6. Everisto Torres | Consejo de Cauca río Pili | Vice-Presidente | everisto2020@hotmail.com | 3142806826 | <i>[Signature]</i> |
| 7. Fabian morales | Consejo Cauca PISO Pampalona | Secretario | Fabian94m17@hotmail.com | 3105180354 | <i>[Signature]</i> |
| 8. Marcela Celis Salas | Consolidación Territorial - catolonia | Ordenamiento Territorial | marqacel13@hotmail.com | 3102079092 | Marcel |
| 9. Rosa Myriam... | Univ. Santo Tomás | Coordinadora | cuatro@univstotomas.edu.co | 3132084681 | <i>[Signature]</i> |
| 10. Ibonne Valenzuela | Coord. Suelos UFPS | Coord. Grup Suelos | ibonne.valenzuela@unepampalona.gov.co | 3153103972 | <i>[Signature]</i> |

Unión Temporal Plan Estratégico de las Macrocuencas Magdalena, Cauca y Caribe

Valoración Económica Ambiental S.A.S.



LISTA DE PARTICIPANTES



MinAmbiente
Ministerio de Ambiente
y Desarrollo Sostenible

**PROSPERIDAD
PARA TODOS**



FORMULACIÓN DEL PLAN ESTRATÉGICO PARA LA MACROCUENCA MAGDALENA-CAUCA Y CARIBE
TALLER DE ANÁLISIS ESTRATÉGICO MACROCUENCA CARIBE
Septiembre 27/2013 – Cúcuta - CORPONOR

| Nombre | Entidad | Cargo | e-mail | Teléfono | Firma |
|---------------------------|-------------------|--------------------------------|--|--------------------------------|------------------------|
| 1. John H. Suárez G. | UFPS | Director Depto 1/2 Ambiente | johnh.suarezg@gmail.com | 311 4482203 5226655 ext 152 | John H. Suárez G. |
| 2. Edgar P. Villamizar P. | Asocars | Profesional Regional | edgar.villamizar@asocars.org | 316 6977609 | Edgar P. Villamizar P. |
| 3. Ana María Pezoza | UT Macocuencas | Asistente | anamariapezoza@ valoracionambiental.com | 8059416 | Ana María Pezoza |
| 4. Harold Jaime Rueda | Macocuencas | Experto | haroldjaime@ valoracionambiental.com | 3213433031 | Harold Jaime Rueda |
| 5. Lina Maritza R. | UT Macocuencas | Asistente | linamaritza@ macocuencas.com | 3013718842 | Lina Maritza R. |
| 6. | | | | | |
| 7. | | | | | |
| 8. | | | | | |
| 9. | | | | | |
| 10. | | | | | |

Unión Temporal Plan Estratégico de las Macrocuenca Magdalena,
Cauca y Caribe

Valoración Económica Ambiental S.A.S.



MEMORIA FOTOGRÁFICA



MEMORIA FOTOGRÁFICA



3.11 ANEXO 2. MANUAL DEL MODELO INTEGRADO.

3.11.1 Descripción y fundamentos teóricos que soportan el modelo

DINÁMICA DE SISTEMAS:

La dinámica de sistemas es un acercamiento al análisis y diseño de políticas mediante el uso de computadores y paquetes de software especializados (Society, 1999/2011). Este campo es aplicado a problemas dinámicos que surgen en sistemas complejos sociales, económicos y ecológicos, o cualquier sistema en donde sus elementos se caracterizan por tener interdependencia, interacciones mutuas, retroalimentación de información y causalidades circulares (Richardson, 1999). Este enfoque experimental basado en simulación fue creado por el ingeniero Jay W. Forrester y definido en su libro *Industrial Dynamics* como el estudio de las características de la realimentación de información en la actividad industrial para mostrar cómo la estructura organizacional, la amplificación en políticas, y las demoras de tiempos en decisiones y acciones, interactúan para influenciar el éxito de una empresa (Forrester, *Industrial Dynamics*, 1961).

Frente a lo anterior emerge la complejidad dinámica, cuyo surgimiento es atribuido a las tipologías de una sistema (Sterman, 2000). El profesor John Sterman resalta que en los sistemas dinámicos, gobernados por realimentación, caracterizados por acumulaciones e intercambios, contraintuitivos y no lineales (los efectos no son proporcionales a las causas) se evidencia la complejidad dinámica, y esto permite el uso del campo de la Dinámica de Sistemas para analizarlos.

Para empezar el acercamiento de Dinámica de Sistemas a un problema se debe tener en cuenta ciertos aspectos y conceptos fundamentales como las reglas generales del juego, la retroalimentación, la dominación de ciclos, el punto de vista endógeno, los niveles y flujos (Richardson, 1999). A continuación, se habla de las reglas generales del juego para implementar la dinámica de sistemas:

- Definir los problemas dinámicamente, en términos de variables y su evolución.
- Tener un enfoque endógeno, donde el comportamiento del sistema es afectado por los elementos que lo componen y no por su entorno.
- Identificar la frontera del modelo.
- Considerar todos los conceptos como cantidades interrelacionadas en ciclos de información con causalidades circulares.
- Identificar las acumulaciones (niveles) y los respectivos flujos que los afectan.
- Formular modelos expresados como ecuaciones diferenciales no lineales utilizando simuladores computacionales.
- Cumplir con la propiedad de equilibrio o de estado estable en un modelo continuo.

Dado lo anterior, es imperativo entrar a detallar los conceptos fundamentales de este campo para poder comprender adecuadamente su implementación. Primero, se define la realimentación de las variables. Los diagramas de ciclos causales son la herramienta utilizada por la dinámica de sistemas para conceptualizar la estructura de un sistema complejo (Sterman, 2000).

Un ciclo de realimentación existe cuando información resultante de un evento recorre el sistema y vuelve a su originador influenciando futuros eventos (Richardson, 1999). Existen dos tipos de ciclos donde el signo del ciclo determina su polaridad (Sterman, 2000):

- Ciclos de Refuerzo (R: Ciclo Positivo): Cuando un ciclo robustece el evento inicial, es decir, aumenta o disminuye significativamente una variable determinada. Éstos son fuentes de crecimiento acelerado o colapso, amplifican las desviaciones y refuerzan el cambio.
- Ciclos de Balance (B: Ciclo Negativo): Cuando un ciclo se opone al evento inicial, es decir, balancea el valor de una variable determinada. Estos son fuente de balance y equilibrio.

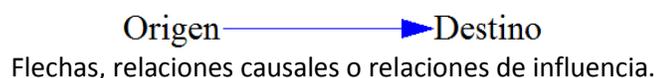
Los procesos causales de realimentación de refuerzo y balance son desequilibrantes y desestabilizantes, y combinados son los que forman los patrones de la dinámica de sistemas (Richardson, 1999). La dominación de los ciclos mencionados no sólo es explicada por su polaridad, sino por la estructura activa y la capacidad del sistema complejo de cambiar en el tiempo. Esta propiedad viene del sistema de ecuaciones no lineales, y esto amplifica el dominio de la realimentación en este campo. Sólo este tipo de modelos puede alterar endógenamente la estructura de un sistema y otorgar un poder explicativo a los ciclos causales (Richardson, 1999). Desde esta perspectiva, la habilidad de las ecuaciones no lineales para generar cambios en la dominación de los ciclos y capturar la naturaleza cambiante de la realidad es la razón fundamental para modelar con esta herramienta el comportamiento de sistemas sociales (Richardson, 1999).

- Diagrama Causal: Un diagrama causal es una herramienta para mostrar la estructura y las relaciones causales de un sistema para entender sus mecanismos de realimentación en una escala temporal.

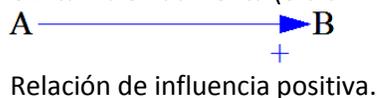
Los elementos básicos son las variables y los enlaces o flechas.

Una variable es una condición, una situación, una acción o una decisión que puede influir en, o puede ser influida por, otras variables. Una de los puntos fuertes de los Diagramas Causales es su capacidad de incorporar variables cualitativas, también llamadas variables soft.

El segundo elemento de los Diagramas Causales son las flechas o enlaces que expresan una relación de causalidad o de influencia entre dos variables, de forma que una variación en el origen de la flecha produce un cambio en la variable destino.



Existen dos tipos de influencias: positiva y negativa. El carácter de la relación se expresa asociando un signo a la flecha. En la siguiente figura se representa una relación de influencia positiva. Ello significa que ambas variables cambian en el mismo sentido: si la variable A aumenta (o disminuye), la variable B también aumenta (o disminuye).



En la figura a continuación, se representa una relación de influencia negativa. El signo negativo indica que las variables de los dos extremos de la flecha varían en sentido opuesto: si

la variable A aumenta (o disminuye), entonces la variable B disminuye (o aumenta).



Relación de influencia negativa.

Otro aspecto fundamental de la Dinámica de Sistemas es tener un punto de vista endógeno en la estructura del modelo. Esto dicta que los eventos exógenos a lo sumo son detonantes del comportamiento del sistema, pero las causas que generan los cambios relevantes provienen de la estructura misma y sólo ellos determinan el comportamiento (Richardson, 1999). Al tomar este punto de vista se exponen las tendencias de compensación de los sistemas sociales y se encuentra que las fuentes de dichos comportamientos son resultados de la interacción de los elementos del sistema y no de variables extremas (Society, 1999/2011).

Los aspectos mencionados anteriormente se condensan bajo los conceptos de niveles y flujos. Los niveles representan acumulaciones (*stocks*). Los flujos son las tasas de cambio, los cuales llenan o desocupan los niveles, y pueden ser de entrada (*inflow*) o de salida (*outflow*). Adicionalmente se cuenta con variables auxiliares o convertidores, los cuales modifican los flujos. Estos son útiles para desagregar y romper en detalles la lógica del modelo, calcular relaciones algebraicas, o ser constantes utilizadas para calcular el valor de un flujo (Olaya, 2005). Al contrario de los niveles, los convertidores no acumulan nada. Por último se tienen los conectores, los cuales pasan información de niveles a convertidores, de niveles a reguladores de flujos, de reguladores de flujos a reguladores de flujos, de reguladores de flujos a convertidores, de convertidores a reguladores de flujos y de convertidores a otros convertidores (Olaya, 2005).

Para sintetizar los conceptos anteriores se puede decir que los niveles y flujos se apoyan en la continuidad del modelo para demostrar que el comportamiento del sistema es determinado por la estructura de éste, la cual es completamente endógena y proviene de él mismo. Esto implica que los problemas que surgen de sistemas sociales no se derivan de las personas que toman las decisiones sino de las interacciones que los elementos de dicho sistema tienen.

Manteniendo presente lo anterior, se continúa por examinar los diferentes comportamientos genéricos en la modelación de dinámica de sistemas. Primero, Forrester crea un marco de referencia para la estructuración de un sistema, de acuerdo a una jerarquía, de tal forma que captura la esencia de la dinámica de sistemas (Forrester, Urban Dynamics, 1969):

- Frontera cerrada de su entorno
 - a. Niveles
 - b. Flujos
 - Objetivos
 - Condiciones observadas
 - Discrepancias entre valores reales y observados
 - Acciones correctivas

- Diagramas de Forrester: Una de las características distintivas de la Dinámica de Sistemas son los Diagramas de niveles y flujos, más conocidos como Diagramas de Forrester. Junto con la realimentación, los conceptos fundamentales de la Dinámica de Sistemas son los recipientes (*stocks*), llamados niveles, y los flujos.

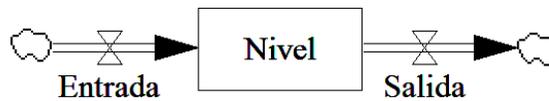
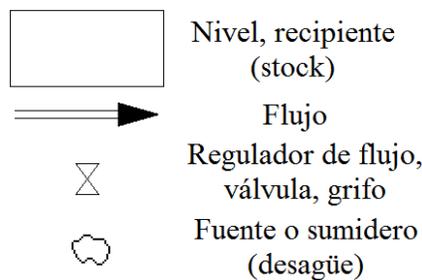


Diagrama de Forrester elemental.

Esta convención de niveles y flujos fue creada por el propio Jay Forrester basándose en una metáfora hidrodinámica: el flujo de entrada y salida de agua en una bañera o recipiente. De forma que la cantidad o nivel de agua de la bañera es la acumulación de agua que entra a través del grifo menos el agua que sale por el desagüe. En la anterior se representa esta analogía según la notación propia de los Diagramas de Forrester que se muestra a continuación:



Notación básica de los Diagramas de Forrester.

Un Diagrama de Forrester que compone de diferentes elementos que pueden tener distinta naturaleza según el comportamiento que representen, son cuantitativos porque poseen un valor numérico en una determinada magnitud y pueden ser internos o exógenos al sistema. Estos elementos pueden ser variables o parámetros (o coeficientes).

- Representación matemática:

Detrás de esa metáfora hidrodinámica se esconde una estructura matemática precisa e inequívoca. Justamente el mérito de Jay Forrester ha sido enmascarar el aparato matemático del cálculo diferencial propio de los sistemas de control para facilitar la comprensión y manejo de los modelos de simulación dinámica.

Los niveles acumulan sus flujos, por tanto, un nivel será la integral de sus flujos. Si tomamos como referencia la variable Nivel mostrada en el Diagrama de Forrester elemental, tenemos que:

$$Nivel(t) = \int_{t_0}^t [Entrada(t) - Salida(t)]dt + Nivel(t_0)$$

En consecuencia, la variación neta de un nivel será la derivada con respecto al tiempo:

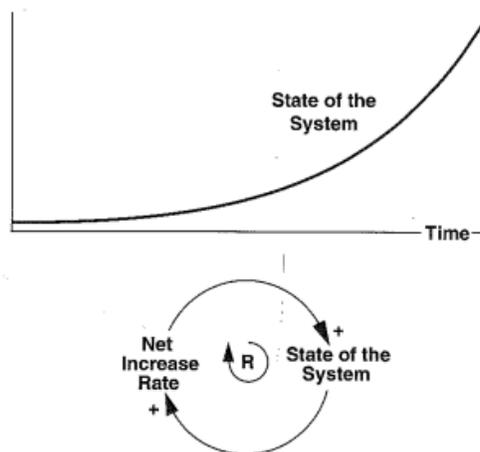
$$\frac{d[Nivel(t)]}{dt} = Entrada(t) - Salida(t)$$

En general, los flujos son función del propio y/o de otros niveles ajustados con coeficientes o parámetros.

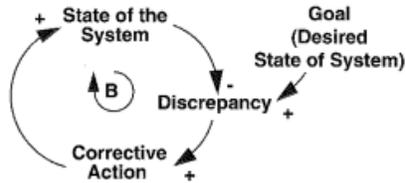
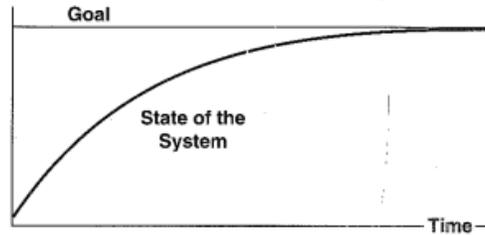
En definitiva, el modelo matemático encerrado en un Diagrama de Forrester es un sistema de ecuaciones diferenciales que generalmente no se puede solucionar analíticamente, por ello para generar el comportamiento del sistema a lo largo del tiempo se utilizan métodos computacionales de simulación.

Ahora de acuerdo con la estructura de Forrester, Sterman define seis diferentes comportamientos genéricos que se pueden evidenciar en los sistemas modelados: Comportamiento Exponencial, Comportamiento Regulado, Crecimiento en forma de "S", Oscilación, Crecimiento en forma de "S" con rebosamiento, Rebosamiento y Colapso.

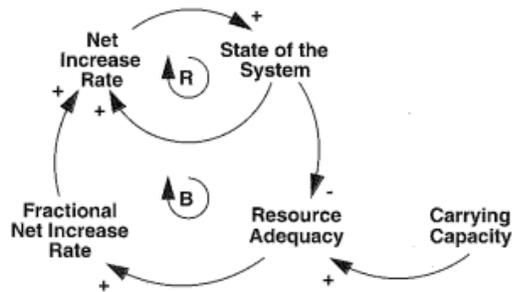
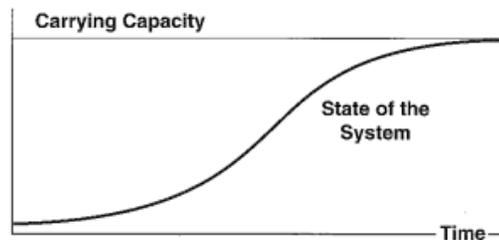
- Comportamiento Exponencial: Este comportamiento emerge de un ciclo de realimentación de refuerzo en donde mientras más aumenta el estado del sistema, más aumenta el cambio neto, conllevando a un crecimiento acelerado, esto implica que el cambio neto depende de la acumulación actual del sistema. Igualmente, este comportamiento puede ser negativo, en donde el sistema decrece exponencialmente con el mismo ciclo de refuerzo (Sterman, 2000).



- Comportamiento regulado: Este comportamiento es dominado por un ciclo de balance, el cual busca balance y equilibrio. El ciclo actúa de tal forma que dirige al sistema a un estado deseado, o a un objetivo. Por una parte, se tiene un comportamiento regulado, el cual crece o decrece cada vez menos, dependiendo del estado del sistema. Por otra parte, el sistema es continuamente comparado con un objetivo, y sí existe alguna discrepancia (la diferencia entre el objetivo y el estado actual), el sistema aplica una acción correctiva para acercarlo a éste (Sterman, 2000).

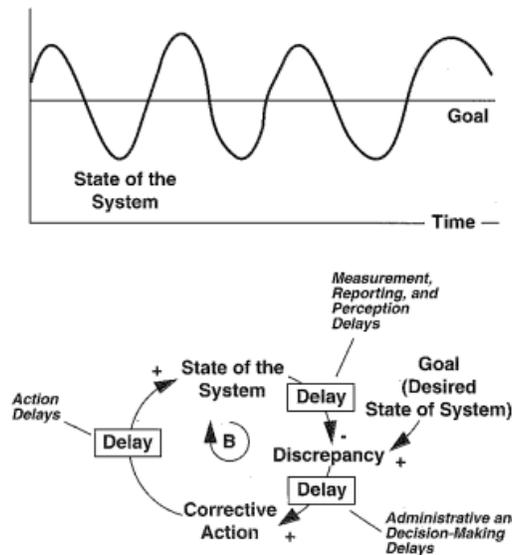


- Crecimiento en forma de "S": Ninguna cantidad real puede crecer (o decrecer) para siempre, con el tiempo una o más restricciones, detienen el crecimiento. Un modo de comportamiento comúnmente observado en sistemas dinámicos es el crecimiento en forma de "S". Este crecimiento es exponencial al principio, pero luego disminuye gradualmente hasta que el estado del sistema alcanza un nivel de equilibrio. La forma de la curva asemeja una "S" estirada. Para comprender la estructura subyacente del crecimiento en forma de "S", es útil usar el concepto ecológico de *capacidad de carga*. La capacidad de carga de cualquier hábitat es el número de organismos de un tipo particular que puede soportar y es determinada por los recursos disponibles en el medio ambiente y las necesidades de recursos de la población. Como la capacidad de carga es el límite superior al que puede extenderse una población, los recursos per cápita disminuyen reduciendo así la tasa de crecimiento fraccional neta hasta que hay suficientes recursos per cápita para equilibrar los nacimientos y las muertes, en este punto, la tasa de crecimiento neto es cero y la población alcanza el equilibrio (Sterman, 2000).

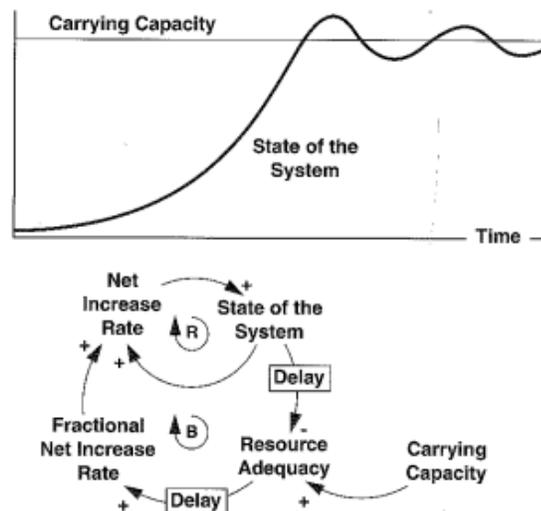


- Oscilación: Este comportamiento se encuentra persiguiendo una meta, con la diferencia que éste tiene unas demoras asociadas. Constantemente el estado del sistema es

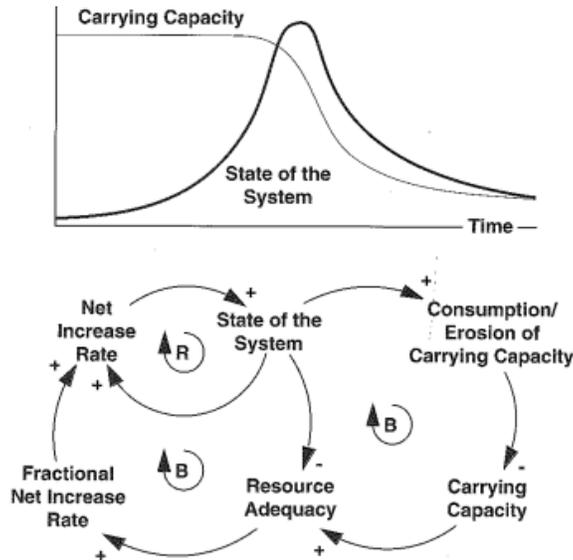
comparado con una meta o estado deseado y la discrepancia entre estos genera una acción correctiva para igualarlos. Sin embargo, las demoras asociadas, como lo es el tiempo asociado para medir la situación o el tiempo que transcurre para tomar una decisión, generan un rebosamiento y colapso continuo que se refleja en una oscilación del estado del sistema. Este comportamiento es explicado por la presencia de demoras en el ciclo, el cual permite que la acción correctiva continúe, incluso luego que el estado ya haya alcanzado su meta, ocasionando un rebosamiento, lo cual lleva a un colapso, y así sucesivamente (Sterman, 2000).



- Crecimiento en forma de "S" con rebosamiento: El crecimiento en forma de "S" requiere realimentaciones negativas que limiten el crecimiento rápido a medida que se aproxime a la capacidad de carga. A menudo, sin embargo, hay demoras de tiempo significativas en esos ciclos negativos. Las demoras en los ciclos negativos conducen a la posibilidad de que el estado del sistema pueda rebosarse y oscilar alrededor de la capacidad de carga (Sterman, 2000).



- Rebosamiento y colapso: Para este caso, se tiene un comportamiento con las mismas características del crecimiento en S, pero difiere en la medida que la capacidad de carga es consumida por el estado del sistema. Es decir, mientras más aumenten las variables, más disminuye la capacidad de carga, este consumo genera un segundo ciclo de balance que afecta al disponibilidad de los recursos, de tal forma que el estado aumenta exponencialmente hasta que la capacidad de carga lo permite, y luego este colapsa debido a la escases de recursos (Sterman, 2000).



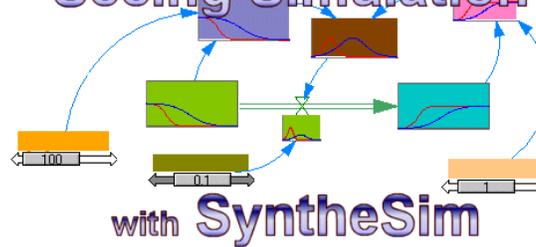
3.11.2 Requerimientos técnicos y tecnológicos para usar el modelo

El software de simulación empleado para la modelación de Dinámica de Sistemas fue Vensim® PLE for Windows Version 6.2 (x32). La selección de este software se basó en el fácil acceso al programa y en la interfaz amigable que permitieron el práctico desarrollo del modelo de simulación.

Para acceder al software se debe ingresar a la página: <http://vensim.com/> la cual mostrará la página de inicio de Vensim®:

Seeing Simulation

Industrial strength simulation software for improving the performance of real systems. Vensim's rich feature set emphasizes model quality, connections to data, flexible distribution, and advanced algorithms. Configurations for everyone from students to professionals. [Read More](#)



with SyntheSim

PURCHASE

DOWNLOAD

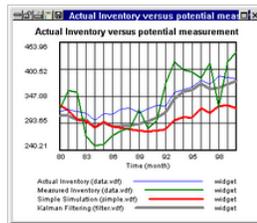
Real Dynamics

Fourteen reasons to move up from spreadsheets [Read More](#)



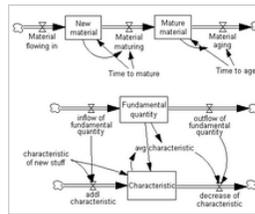
Applications

Vensim can be used to solve a variety of problems. [Read More](#)



Courses

Ventana offers courses in system dynamics and Vensim. [Read More](#)



Resources

Browse our list of resources related to system dynamics and Vensim. [Read More](#)



Una vez en la página principal de Vensim® se debe dar clic en el botón *Download* el cual remitirá a la página de descargas: <http://vensim.com/download/>

Download Vensim® Software

[Home](#) \ [Download Vensim® Software](#)



Contents

- [1. Current Version: 6.2](#)
- [2. Documentation](#)

Current Version: 6.2

All Vensim configurations are available by download and can be upgraded online. New purchases of Vensim Professional and DSS are available by contacting [Ventana Systems](#), using the order links below, or from our [international distributors](#).
[Pricing for Vensim](#), [Installation instructions](#).

Download Licensed software

If you have already purchased Vensim, you can download from here. Enter the registration code you were sent by email or that appears the back of your CD dust jacket. You will be offered the most current software you qualify for. You will be told if you need to upgrade or extend your maintenance to receive the newest version. If you have previously updated be sure to enter the most recent registration code you have.

Free Downloads

Vensim PLE (Evaluation or Educational), Vensim Model Reader, Molecules

Site Map

- [Allocation by Priority](#)
- [Applications of Vensim](#)
- [Causal Tracing™](#)
- [Comparison Chart for Vensim Configurations](#)
- [Contact Us](#)
- [Courses](#)
- [Documentation](#)
- [Download Vensim® Software](#)
- [FAQ](#)
- [Fourteen reasons to trade in your spreadsheet](#)
- [Free Downloads](#)
- [Home](#)
- [Literature](#)
- [Modeling with Molecules 2.02](#)
- [Molecules Copyright and License](#)
- [News](#)
- [Optimization](#)
- [Portuguese Documentation](#)
- [Privacy Policy](#)

En esta página, se debe dar clic sobre el botón *Download Licensed software*, el cual habilitará la descarga de Vensim® PLE PLUS, toda vez que se haya comprado la licencia y se tenga el código de registro que Vensim envía por correo electrónico.

En caso de no haber comprado la licencia, Vensim® permite realizar la descarga gratuita de una versión académica de su software durante un tiempo de uso limitado de 60 días. Para acceder a dicha versión, se debe dar clic sobre el botón *Free Downloads*, el cual redireccionará a la página de descargas de la versión libre:

Free Downloads

[Home](#) \ Free Downloads

SEARCH >

Contents

1. [Current version: 6.2](#)
2. [Return to the McGraw-Hill Business Dynamics page \(if you came from there!\)](#)

Current version: 6.2

- Vensim PLE is free for personal or educational use and for limited time evaluation. [Commercial or government use requires purchase of a license.](#)
- The Vensim Model Reader may be distributed for free with your models (including commercial use).
- **When you're done downloading, check out our new getting-started videos, [Building a Simple Vensim Model](#) and [Running models with Vensim PLE and the Model Reader](#).**

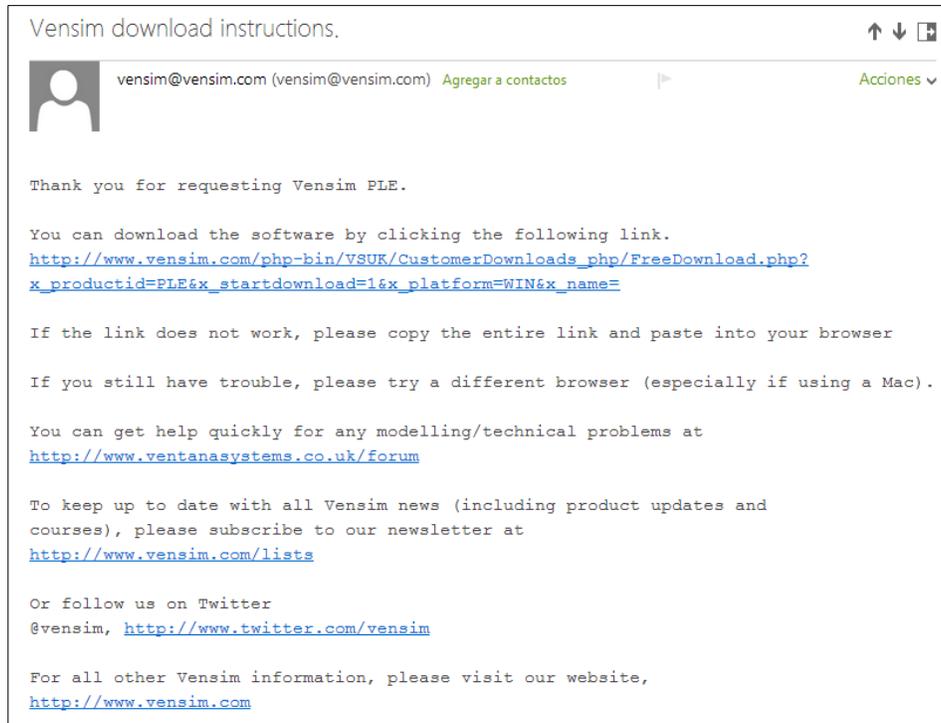
Choose a Product and Platform:

| | | |
|-------------------|--|----------------------|
| Anti-spam | <input type="checkbox"/> | Please tick this box |
| Product | <input checked="" type="radio"/> Vensim PLE 6.2 <input type="radio"/> Vensim PLE 5.11A <input type="radio"/> Model Reader | |
| Platform | <input checked="" type="radio"/> Windows (XP/Vista/7) <input type="radio"/> Macintosh OSX (10.4+) | |
| Vensim newsletter | <input checked="" type="checkbox"/> Subscribe Name <input type="text"/> PLEASE NOTE: DOWNLOAD INSTRUCTIONS WILL BE EMAILED TO YOU, A FAKE EMAIL ADDRESS HERE WILL NOT WORK. Email address <input type="text"/> Retype email address <input type="text"/> The Vensim newsletter is used for announcements of software updates, courses, and related information. Frequency is low – typically quarterly – and addresses are never shared. | |

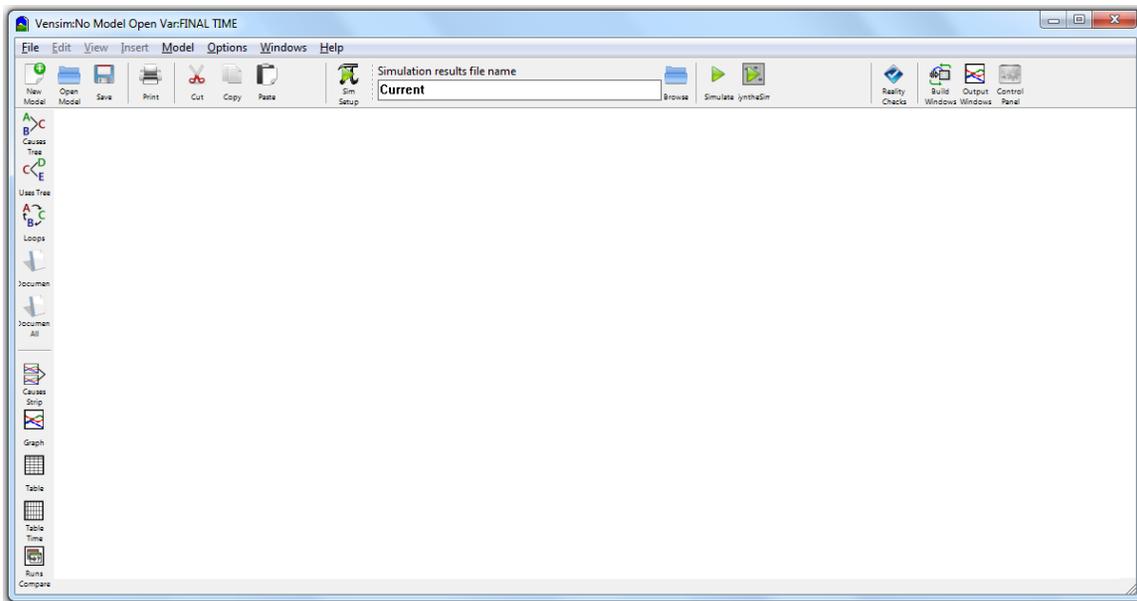
Site Map

- [Allocation by Priority](#)
- [Applications of Vensim](#)
- [Causal Tracing™](#)
- [Comparison Chart for Vensim Configurations](#)
- [Contact Us](#)
- [Courses](#)
- [Documentation](#)
- [Download Vensim® Software](#)
- [FAQ](#)
- [Fourteen reasons to trade in your spreadsheet](#)
- [Free Downloads](#)
- [Home](#)
- [Literature](#)
- [Modeling with Molecules 2.02](#)
- [Molecules Copyright and License](#)
- [News](#)
- [Optimization](#)
- [Portuguese Documentation](#)
- [Privacy Policy](#)
- [Purchase Vensim®](#)
- [Resources](#)
- [Spanish Documentation](#)
- [Subscribing](#)
- [Support](#)
- [The Workbench](#)
- [Vensim Model Reader](#)
- [Vensim PLE — Survey Form](#)
- [Vensim Software](#)
- [Vensim Video Library](#)
- [Vensim® Year 2000 Compliance Statement](#)
- [Vensim® Applications](#)
- [Vensim® Brochure](#)
- [Vensim® History](#)

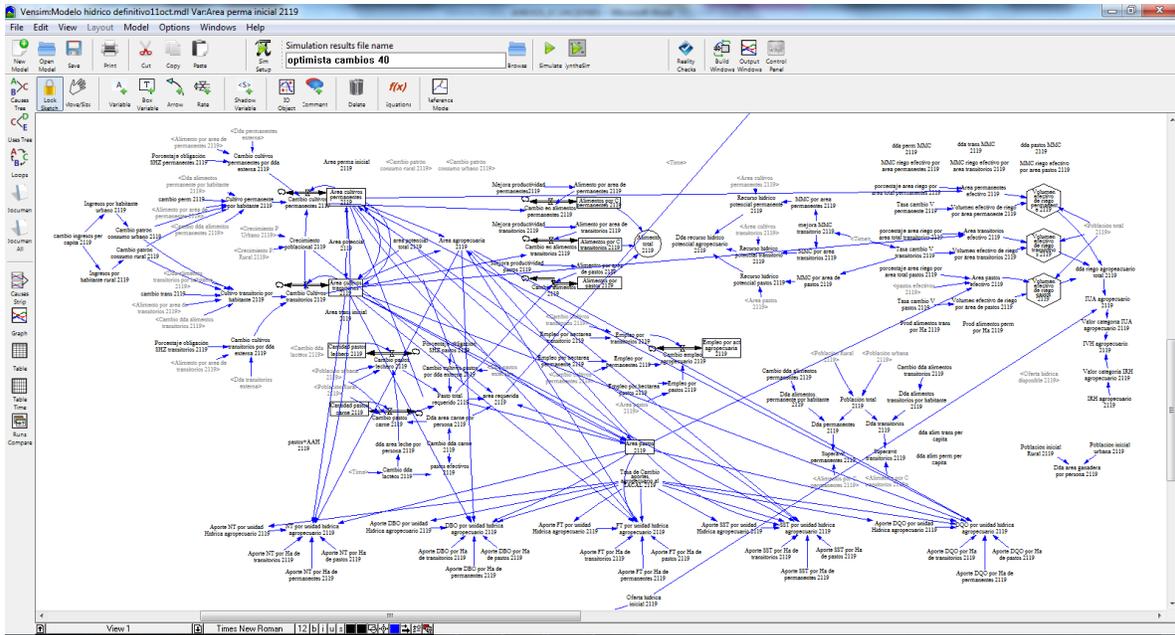
Para realizar la descarga de una manera exitosa el usuario debe suscribirse a Vensim® ingresando su nombre y su dirección de correo electrónico. Una vez realizada la suscripción, Vensim® envía al email ingresado las instrucciones de descarga en un correo como el que se muestra a continuación:



El procedimiento anterior permite el acceso al software de simulación en mención, cuya interfaz de usuario se muestra a continuación:



Por medio de este software se podrá tener acceso al modelo de Dinámica de Sistemas que se encuentra en un archivo con extensión .2mdl y cuyo nombre es: [Modelo Hídrico Final](#).

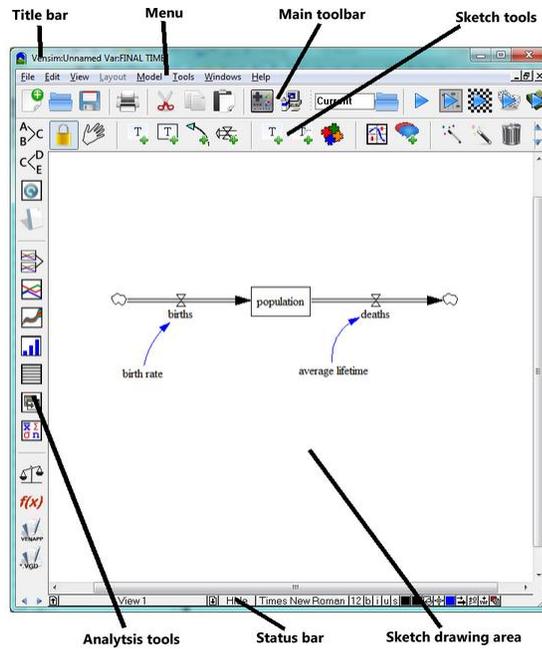


Nota: Cabe señalar que la simulación del actual modelo de dinámica de sistemas sólo puede ser corrida en Vensim® PLE PLUS (versión licenciada) debido a la gran cantidad de información de cada Macrocuencia y de sus respectivas subzonas hidrográficas.

3.11.1.3 Protocolos de uso e interpretación del modelo

Interfaz de usuario:

El Vensim® tiene un conjunto de herramientas que permiten construir, ejecutar y analizar los modelos. La ventana principal de Vensim® siempre incluye: Barra de título, Menú, Barra de herramientas, y Herramientas de análisis y cuando el programa tiene un modelo abierto aparecen Herramientas de dibujo y Barra de estado.



Las herramientas de dibujo son:



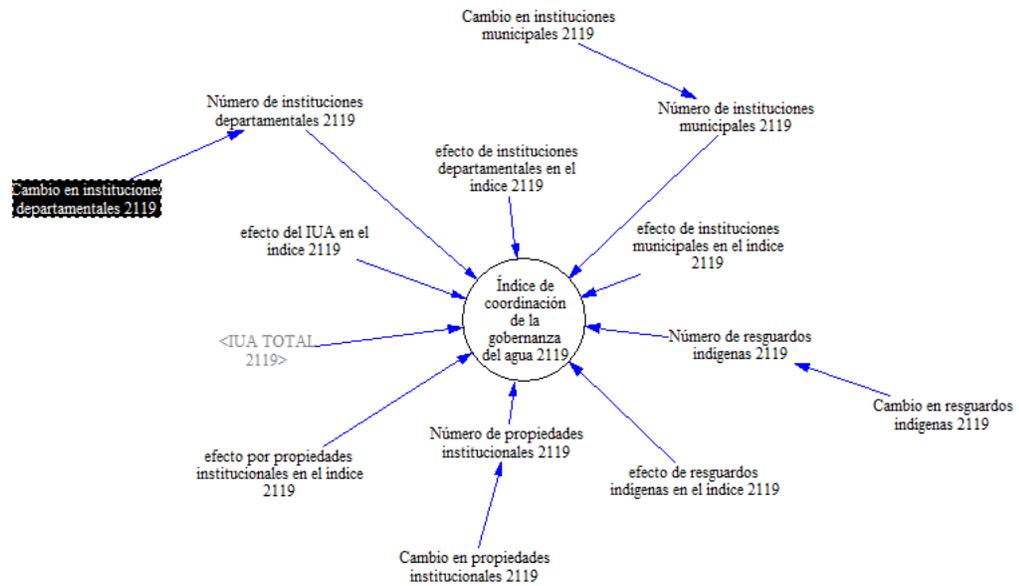
Para construir y/o editar un modelo, primero se selecciona alguna de las 14 herramientas, dando clic con el ratón sobre el correspondiente botón que se desea emplear.

1. Lock-Sketch (Bloquear-Modelo):



Activar este botón permite bloquear el modelo, de tal manera que se puedan seleccionar los objetos del modelo con el puntero, pero no se puedan mover.

Como se muestra a continuación, en el Submodelo Socio-Político se puede seleccionar la variable 'Cambio en instituciones departamentales', la cual aparece resaltada en un recuadro negro con letras blancas.



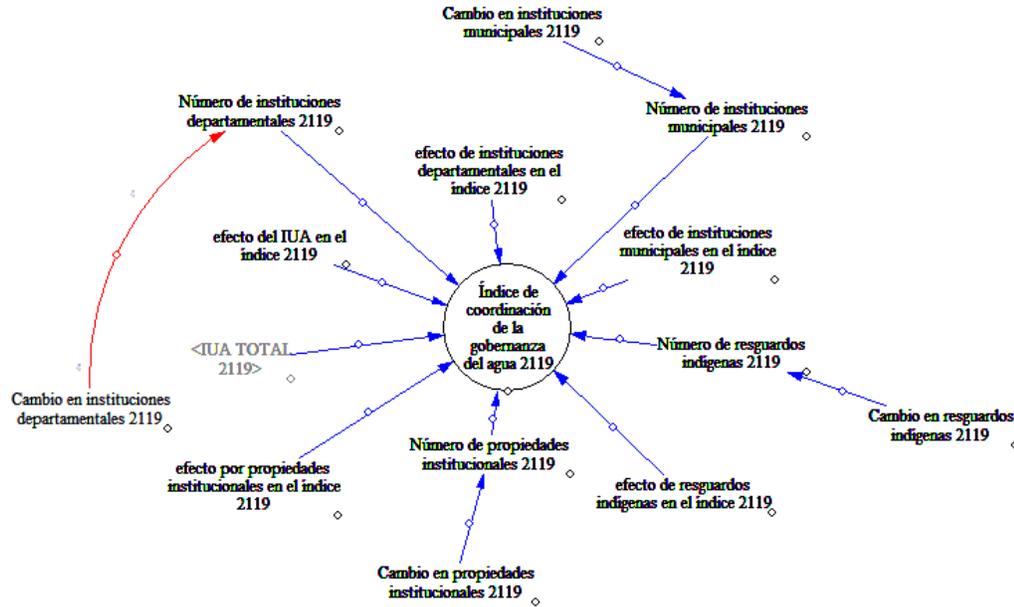
2. Move/Size (Mover/Tamaño):



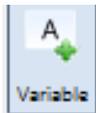
Este botón permite seleccionar, mover y editar tamaños de los objetos del modelo: variables, flechas, etc.

Como se puede ver en la siguiente imagen, habilitando el botón *Move/Size* se puede trasladar una variable de un lugar a otro, al igual que se puede editar la conexión (flecha) que une variables.

En el ejemplo, la variable 'Cambio en instituciones departamentales' se desplazó a una posición inferior a la que inicialmente se encontraba y la flecha que la relacionaba con la variable 'Número de instituciones departamentales' se curvó, extendió y pintó de rojo para facilitar la identificación de la edición realizada.



3. Variable:



Con este botón se crean las variables del modelo (Constantes, Auxiliares y de datos).

Al seleccionar este botón y luego dar clic en cualquier parte del modelo, aparece un recuadro blanco en el cual se debe escribir el nombre de la nueva variable a ingresar:

Nueva Variable

El diseño de esta clase de variable en Vensim® es el siguiente:

Nueva Variable

4. Box Variable (Caja Variable):



Permite crear variables en forma de caja (se emplea para Niveles o Acciones).

Una vez se da clic en el modelo, previa activación del botón, aparece un recuadro blanco en el cual se digita el nombre de la variable de tipo nivel que se desea integrar dentro del modelo:

Nuevo Nivel

El diseño de este tipo de variable en Vensim® se muestra a continuación:

Nuevo Nivel

5. Arrow (Flecha):



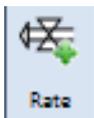
Crea flechas rectas o curvas que unen variables y a su vez establece la causalidad entre las mismas.

Una vez activado este botón, se debe dar un clic en cada una de las dos variables entre las cuales se pretende establecer una relación causal.

La apariencia de dicha relación se podrá observar de la siguiente manera dentro del modelo:



6. Rate (Cambio):



Permite construir los flujos de los niveles, consta de flechas perpendiculares, una válvula y, si es necesario, las fuentes y los sumideros (nubes).

Primero se debe determinar si es un flujo de entrada o de salida que se le piensa asociar a la variable de tipo nivel y dependiendo del tipo de flujo se procede de cualquiera de estas dos maneras:

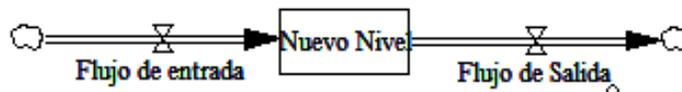
Flujo de entrada: Primero se debe dar clic en el lugar donde se va a ubicar el sumidero del flujo y luego se debe dar clic en la variable de nivel.



Flujo de salida: Primero se debe dar clic en la variable de nivel y luego en el lugar donde va a quedar el sumidero del flujo.



La apariencia de dichos flujos en Vensim®, de manera simplificada se muestra a continuación:



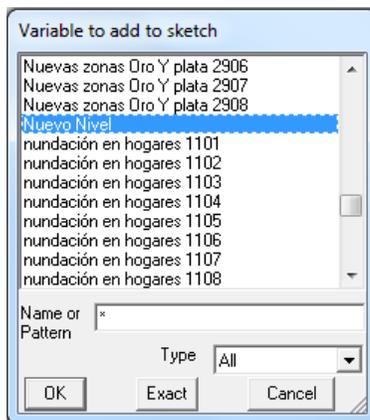
7. Shadow Variable (Variable Sombra):



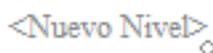
Agrega una variable del modelo existente como una variable sombra, sin añadir sus causas.

Dando continuidad al ejemplo anterior, se va a crear una variable sombra del

nivel llamado 'Nuevo Nivel'. Primero se habilita el botón *Shadow Variable* y luego se da clic en el lugar del modelo donde se desea ubicar dicha variable sombra, esto hará que en seguida se despliegue la ventana mostrada a continuación:



En dicha ventana aparece la lista de todas las variables existentes en el modelo actual, en esta lista se busca y selecciona la variable de interés y luego se da clic en el botón *OK*. De esta manera, aparece la variable sombra deseada con la apariencia que se muestra en seguida:

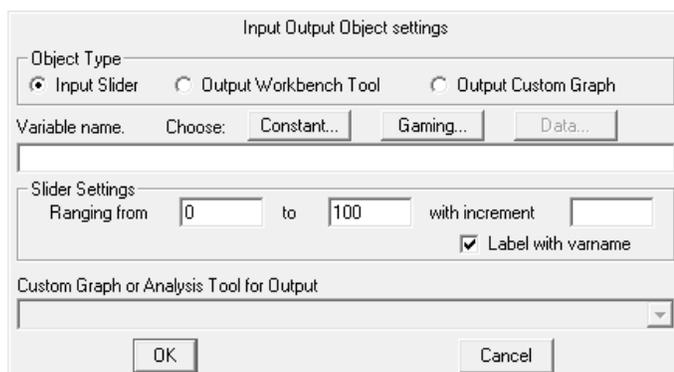


8. Input Output Object (Objetos de Entrada y Salida):



Añade las tablas de entrada, así como los gráficos y las tablas de salida del modelo.

Una vez se ha activado este botón y se ha dado clic en cualquier lugar del modelo, aparece el cuadro de diálogo que se muestra a continuación:

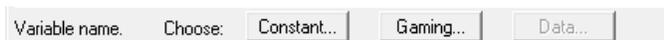


En este cuadro de diálogo se debe seleccionar el *Tipo de objeto (Object Type)* ya sea una entrada (*Input Slider*) o una salida (*Output Workbench Tool* o *Output Custom Graph*).

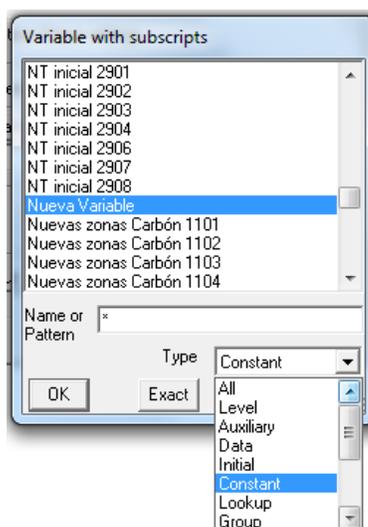
a. *Input Slider*:



Posterior a la elección del tipo de objeto, se debe elegir la clase de variable que se quiere graficar dando clic en el botón *Constant*:

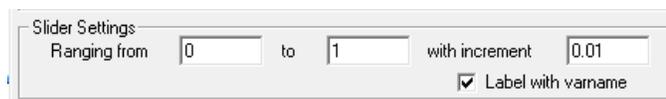


Este botón desplegará la ventana que se muestra en seguida:

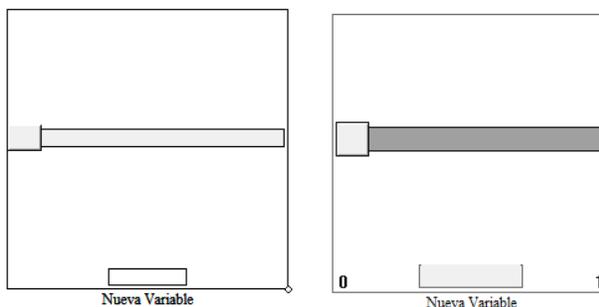


Dicha ventana permitirá elegir la variable deseada de la lista total de variables contenida en el modelo.

Finalmente, en el sector de *Ajuste de control (Slider Settings)* se hace precisión de la cota inferior y la cota superior que determina el rango de la variable deseada, así como el incremento de la misma:



Luego de efectuado el procedimiento en mención, la apariencia de la gráfica en Vensim® será:



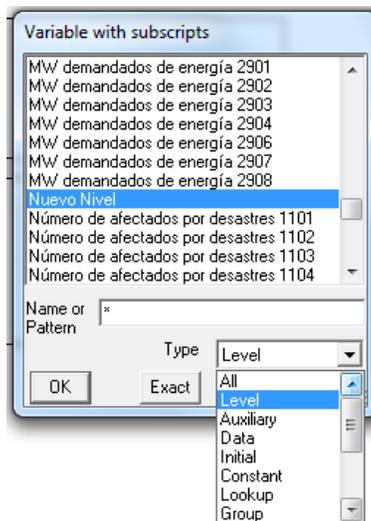
b. *Output Workbench Tool:*



Posterior a la elección del tipo de objeto, se debe elegir la clase de variable que se quiere graficar dando clic en el botón *Level*:

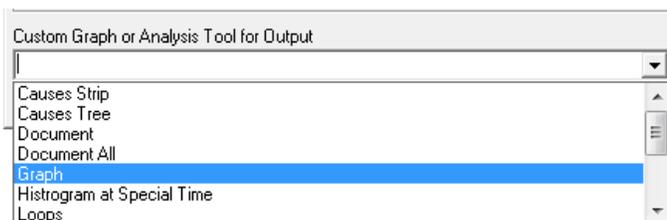


Este botón desplegará la siguiente ventana:

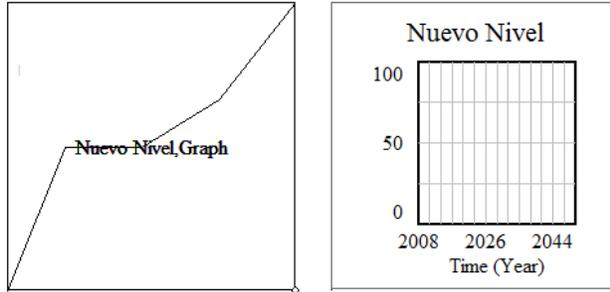


Dicha ventana permitirá elegir la variable deseada de la lista total de variables contenida en el modelo.

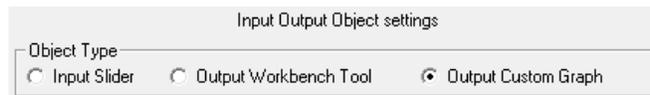
Finalmente, en el sector de *Personalización de la gráfica o herramientas de análisis de salida (Custom Graph or Analysis Tool for Output)* se hace precisión del tipo de gráfica que se quiere obtener:



Luego de efectuado el procedimiento en mención, la apariencia de la gráfica en Vensim® será:



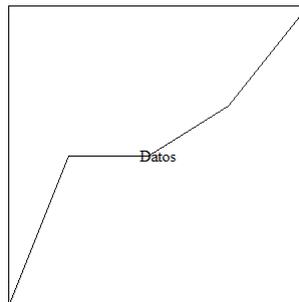
c. *Output Custom Graph:*



Luego de haber seleccionado el tipo de objeto, en el sector de *Personalización de la gráfica o herramientas de análisis de salida (Custom Graph or Analysis Tool for Output)* se designa el nombre del objeto de salida de interés:



Después de esta sucesión de pasos la gráfica aparece en vensim con la siguiente apariencia:



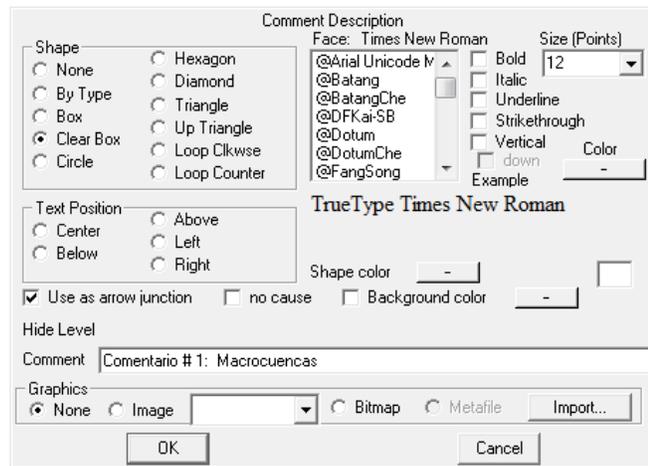
9. Comment (Comentario):



Permite introducir comentarios y fotos al modelo.

Una vez habilitado este botón y luego de dar clic sobre el lugar en donde se va a visualizar el comentario, se despliega el siguiente cuadro de diálogo

llamado *Descripción de comentario (Comment Description)* en donde se digita la información que se quiere mostrar dentro del modelo. Esto se hace en la sección en blanco que aparece al costado derecho de la palabra *Comment*:



De este modo, el comentario ingresado se visualiza dentro del modelo con la apariencia que sigue:

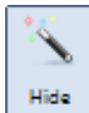
Comentario # 1:
Macrocuencas

10. Unhide (Hacer visible):



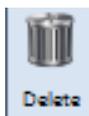
Este botón deja visibles las variables que se encuentran ocultas en el modelo.

11. Hide



Este botón se encarga de ocultar las variables que se cliqueeen, impidiendo su visibilidad dentro del modelo.

12. Delete (Eliminar):



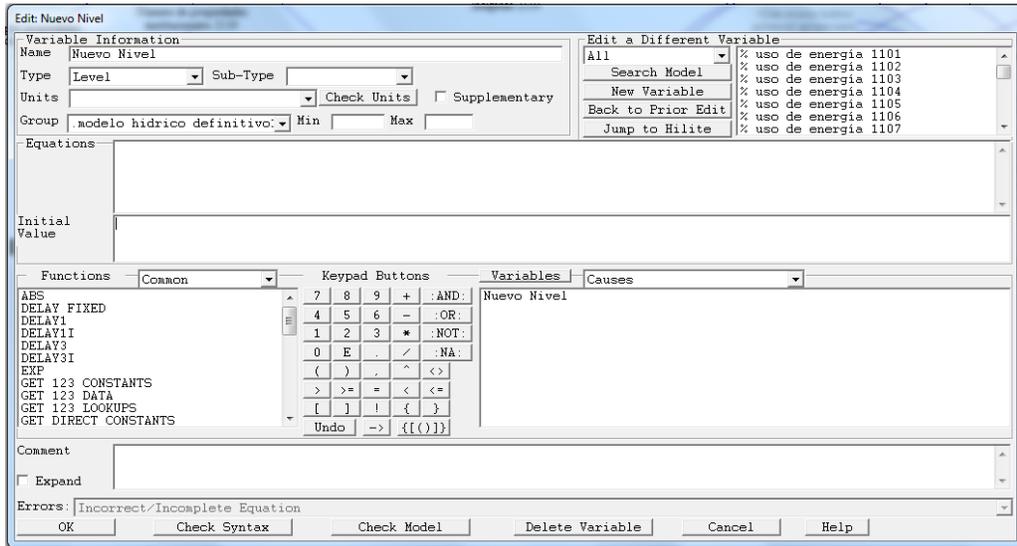
Botón encargado de eliminar variables, variables sombra, flujos, flechas, comentarios, gráficos y en general, cualquier tipo de estructura dentro del modelo. Una vez se activa el botón y se da clic sobre la estructura de interés, esta desaparece del modelo.

13. Equations (Ecuaciones):

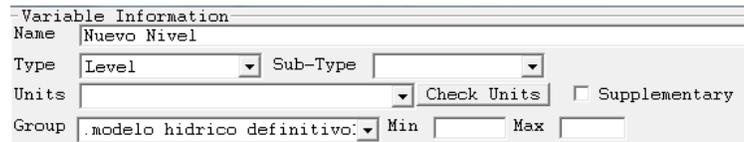


Crea y edita las ecuaciones en Vensim® se emplea el Editor de Ecuaciones. Al cual se accede, primero, dando clic sobre el botón de *Ecuaciones* y segundo, cliqueando sobre la variable o flujo de interés, cuya ecuación se desea definir y/o modificar.

Una vez efectuado el procedimiento anterior, se despliega la ventana del *Editor de Ecuaciones* que se muestra a continuación:



Variable Information:

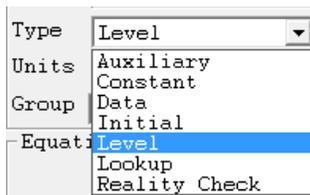


a. Name (Nombre):

Name

Las variables deben tener nombres únicos dentro del modelo dado que Vensim® no distingue entre mayúsculas y minúsculas. De este modo, es posible introducir cualquier combinación de mayúsculas y minúsculas a la hora de designar el nombre de una variable.

b. Type (Tipo de variable):



La explicación de las variables se realiza haciendo referencia a las ecuaciones, no obstante, antes de hacer un recuento detallado de cada ecuación, se especifican las convenciones y se hace una categorización de las variables empleadas. Cabe señalar que el modelo actual de dinámica de sistemas cuenta con cuatro de los siete tipos de variables utilizados en Vensim®. La descripción de estos cuatro tipos se hace a continuación:

- **Auxiliar:** Es una variable dinámica cuyo cálculo se realiza a partir de la expresión de otras variables dentro de su ecuación. Es el tipo de variable más numeroso dentro del modelo.
- **Constante:** Sus ecuaciones son representadas como números o también pueden ser definidas al emplear la función GET CONSTANTES XLS. Es una variable cuyo valor se mantiene a lo largo del tiempo, aunque puede ser modificada de manera temporal antes de ejecutar la simulación del modelo.
- **Inicial:** Es igual que una variable constante, sólo que se obtiene a partir de la combinación de diferentes variables en tiempo de inicialización. Son variables cuya ecuación empieza con INICIAL o REINITIAL.
- **Nivel:** Son las variables dinámicas dentro del modelo y representan acumulaciones que se modifican por medio de flujos. Las ecuaciones de los niveles contienen la función INTEG.

c. Unidades:

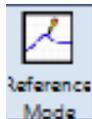
Units Check Units

Describen información adicional de las variables y son útiles para comprobar la consistencia dimensional del modelo en general. Son introducidas como una expresión en el campo llamado *Units* que se ubica en la sección de *Variable Information* en la ventana del *Editor de ecuaciones*.

Ecuaciones:

Es necesario emplear un conjunto de ecuaciones que describen cada relación entre variables con el fin de llevar a cabo la simulación del modelo. Así pues, unas variables conectadas causalmente definen una variable en términos de expresiones algebraicas sencillas.

14. Reference Mode (Modos de referencia):



Se emplea para dibujar y editar los modos de referencia.

3.11.4 Formatos para ingresar la información al modelo

Para importar y manipular datos y constantes dentro del modelo de Dinámica de Sistemas se han empleado dos funciones de datos que ofrece Vensim® para tales fines. Dichas funciones se describen a continuación:

- GET XLS CONSTANTS('file','tab','cell')
GET CONSTANTS from XLS

Devuelve un número, vector o matriz de dos dimensiones con los valores constantes consultando en Microsoft Excel para la obtención de los valores. Los valores presentados se determinan con los subíndices que aparecen al lado derecho de la función, donde:

'file', hace referencia al nombre del archivo con la respectiva extensión donde se encuentra la información.

'tab', representa la hoja de cálculo que contiene las constantes.

'cell', es la celda donde se encuentra el primer valor de la constante.

Cabe señalar que todos los argumentos contenidos dentro de la función GET CONSTANTES XLS deben estar encerrados entre comillas simples (').

Nota: Con relación a la sintaxis dentro del software de simulación, esta función debe aparecer inmediatamente después del signo igual (=) y no debe ser seguida por ninguna otra cosa.

Para mayor información con relación a esta función en Vensim® se puede acceder a: http://www.vensim.com/documentation/index.html?fn_get_xls_constants.htm

- GET XLS DATA('file','tab','time row or col','cell')
GET DATA from XLS

Retorna datos de series temporales de Microsoft Excel para una variable de datos o un vector de variables de datos. Los valores presentados se determinan con los subíndices que aparecen al lado derecho de la función, donde:

'file', hace referencia al nombre del archivo con la respectiva extensión a leer.

'tab', representa la hoja de cálculo que contiene los datos.

'time row or col' referencia el número de la fila que contiene los valores de tiempo (tiempo de corrida transversal) o la letra de la columna que contiene los valores de tiempo (tiempo de corrida vertical). Es pertinente tener en cuenta que el archivo que contiene la hoja de cálculo debe contener los valores de tiempo y estos valores deben ser valores de tiempo fijo y no los de una base de tiempo alternativo.

'cell', es la celda donde se encuentra el primer valor de la constante. Cabe señalar que todos los argumentos contenidos dentro de la función GET CONSTANTES XLS deben estar encerrados entre comillas simples (').

- Oferta hídrica inicial en la SZH =
GET XLS CONSTANTS('datos_SHZ.xlsx', 'datos', 'X60') [Ec 1.1.2]

- Demanda hídrica inicial en la SZH =
GET XLS CONSTANTS('datos_SHZ.xlsx', 'datos', 'H60') [Ec 1.1.3]

- Dónde: X_i : Habitante por hogar i en la SZH
cell_i : Referencia de celda para i
i =Rural, Urbano

$$X_i = \text{GET XLS CONSTANTS}('datos_SHZ.xlsx', 'datos', 'cell_i') \quad [Ec 1.1.4]$$

- Dónde: X_i : Demanda hídrica total inicial i en la SZH
cell_i : Referencia de celda para i
i =Rural, Urbana

$$X_i = \text{GET XLS CONSTANTS}('datos_SHZ.xlsx', 'datos', 'cell_i') \quad [Ec 1.1.5]$$

- Dónde: X_i : Aporte de la sustancia contaminante i por unidad hídrica doméstica en la SZH
 Y_i : Sustancia contaminante i inicial en la SZH
 K_i : Valor constante para i
i = NT, DBO, FT, SST, DBO

$$X_i = \frac{(Y_i \times K_i)}{\text{Demanda hídrica inicial en la SZH}} \times \text{Tasa de recuperación domiciliar en la SZH} + \int_0^{37} (X_i \times \text{Tasa de cambio de aportes domésticos al IACAL en la SZH}) dt \quad [Ec 1.1.6]$$

- Dónde: X_i : Sustancia contaminante i por unidad hídrica doméstica en la SZH
 Y_i : Aporte de la sustancia contaminante i por unidad hídrica doméstica en la SZH
i = NT, DBO, FT, SST, DBO

$$X_i = Y_i \times \text{Demanda doméstica total de la SZH} \quad [Ec 1.1.7]$$

- Demanda doméstica total en la SZH =
(Demanda hídrica por población urbana en la SZH × Población urbana en la SZH) +
(Demanda hídrica por población rural en la SZH × Población rural en la SZH) [Ec 1.1.8]

- Morbilidad por calidad del agua en la SZH = (Población rural en la SZH +
Población urbana en la SZH) × Tasa de morbilidad por calidad del agua en la SZH
[Ec 1.1.9]

- Lookup de la población urbana en la SZH =
Tasa de crecimiento de la población urbana en la SZH [Ec 1.1.10]

- Dónde: X_i : Hogares i en la SZH
 Y_i : Población i en la SZH
 Z_i : Habitante por hogar i en la SZH

- Calidad del agua para consumo en la SZH = $0 + \int_0^{37} (\text{Calidad de entrada de la fuente hídrica a la SZH} - \text{Remoción de carga contaminante en la SZH})dt$ [Ec 1.3.1]

$$\text{Calidad entrada de la fuente hídrica a la SZH} = \text{IACAL de entrada a la SHZ} \times \text{Oferta hídrica para uso domiciliario en la SZH} \quad [Ec 1.3.2]$$

$$\text{Remoción de carga contaminante en la SZH} = \text{Calidad de entrada de la fuente hídrica a la SZH} \times \text{Tasa de remoción de la carga contaminante en la SZH} \quad [Ec 1.3.3]$$

- Población urbana en la SZH = Población inicial urbana en la SZH + $\int_0^{37} (\text{Crecimiento de la población urbana en la SZH})dt$ [Ec 1.3.4]

$$\text{Crecimiento de la población urbana en la SZH} = \text{Población urbana en la SZH} \times \text{Lookup de la población urbana en la SZH} \quad [Ec 1.3.5]$$

- Población rural en la SZH = Población inicial rural en la SZH + $\int_0^{37} (\text{Crecimiento de la población rural en la SZH})dt$ [Ec 1.3.6]

$$\text{Crecimiento de la población rural en la SZH} = \text{Población rural en la SZH} \times \text{Tasa de crecimiento de la población rural en la SZH} \quad [Ec 1.3.7]$$

- Tasa de morbilidad por calidad del agua en la SZH = $0 + \int_0^{37} (\text{Tasa de morbilidad por calidad del agua en la SZH} \times \text{Calidad del agua para consumo en la SZH})dt$ [Ec 1.3.8]

- Oferta hídrica disponible en la SZH = Oferta hídrica inicial en la SZH + $\int_0^{37} (\text{Flujo de recuperación de la SZH} + \text{Flujo externo de la SZH} - \text{Flujo de uso de la SZH})dt$ [Ec 1.3.9]

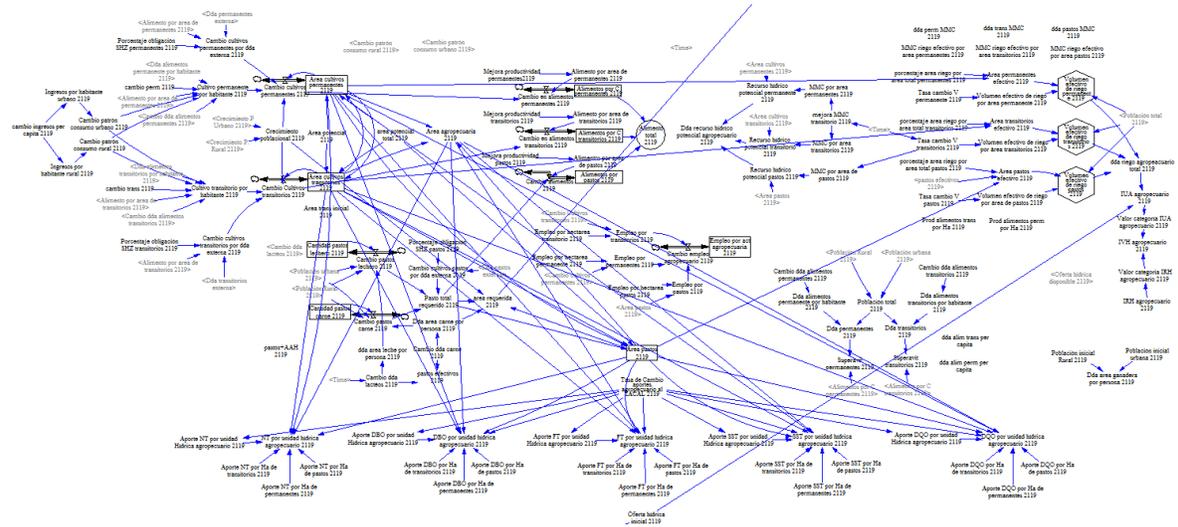
- Dónde: \mathcal{X} : Demanda hídrica por población urbana en la SZH
 \mathcal{Y} : Población inicial urbana en la SZH
 \mathcal{Z} : Demanda hídrica urbana total inicial en la SZH
 \mathcal{W} : Cambio de la demanda hídrica urbana en la SZH

$$\mathcal{X} = \text{IF}[(\mathcal{Y} = 0) \text{ THEN}(0) \text{ ELSE} \left((\mathcal{Z}/\mathcal{Y}) + \int_0^{37} (\mathcal{X} \times \mathcal{W})dt \right)] \quad [Ec 1.3.10]$$

- Dónde: \mathcal{X} : Demanda hídrica por población rural en la SZH
 \mathcal{Y} : Población inicial rural en la SZH
 \mathcal{Z} : Demanda hídrica rural total inicial en la SZH
 \mathcal{W} : Cambio de la demanda hídrica rural en la SZH

$$\mathcal{X} = (\mathcal{Z}/\mathcal{Y}) + \int_0^{37} (\mathcal{X} \times \mathcal{W})dt \quad [Ec 1.3.11]$$

3.12.1.2 Subsistema Agropecuario:



A continuación se muestran las diferentes ecuaciones que exhiben la interacción entre variables dentro del Subsistema Agropecuario:

Type Initial

- $$\begin{aligned} &\text{Área potencial total en la SZH} = \text{"Pastos+AAH en la SZH"} + \\ &\text{Área inicial de cultivos transitorios en la SZH} + \\ &\text{Área inicial de cultivos permanentes en la SZH} + \text{Área potencial en la SZH} \end{aligned} \quad [Ec 2.0.1]$$

- $$\text{Cambio de cultivos permanentes en la SZH:} = \text{GET XLS DATA('datos_SHZ.xlsx', 'cambio perm', '1', 'B60')} \quad [Ec 2.0.2]$$

- $$\text{Cambio de cultivos transitorios en la SZH:} = \text{GET XLS DATA('datos_SHZ.xlsx', 'cambio transi', '1', 'B60')} \quad [Ec 2.0.3]$$

- Dónde: X_i : Porcentaje de obligación de cultivos i en la SZH
 $cell_i$: Referencia de celda para i
 i = Perm antes, Transitorios

$$X_i = \text{GET XLS CONSTANTS('datos_SHZ.xlsx', 'datos', 'cell_i')} \quad [Ec 2.0.4]$$

- Dónde: X_i : Aporte de NT por Ha de cultivos i en la SZH
 $cell_i$: Referencia de celda para i
 i = Permantes, Transitorios, pastos

$$X_i = \text{GET XLS CONSTANTS('datos_SHZ.xlsx', 'datos', 'cell_i')} \quad [Ec 2.0.5]$$

- Dónde: X_i : Aporte de DBO por Ha de cultivos i en la SZH
 $cell_i$: Referencia de celda para i
i = Permantes, Transitorios, pastos

$X_i = \text{GET XLS CONSTANTS}('datos_SHZ.xlsx', 'datos', 'cell_i')$ [Ec 2.0.6]
- Dónde: X_i : Aporte de FT por Ha de cultivos i en la SZH
 $cell_i$: Referencia de celda para i
i = Permantes, Transitorios, pastos

$X_i = \text{GET XLS CONSTANTS}('datos_SHZ.xlsx', 'datos', 'cell_i')$ [Ec 2.0.7]
- Dónde: X_i : Aporte de SST por Ha de cultivos i en la SZH
 $cell_i$: Referencia de celda para i
i = Permantes, Transitorios, pastos

$X_i = \text{GET XLS CONSTANTS}('datos_SHZ.xlsx', 'datos', 'cell_i')$ [Ec 2.0.8]
- Dónde: X_i : Aporte de DQO por Ha de cultivos i en la SZH
 $cell_i$: Referencia de celda para i
i = Permantes, Transitorios, pastos

$X_i = \text{GET XLS CONSTANTS}('datos_SHZ.xlsx', 'datos', 'cell_i')$ [Ec 2.0.9]
- Dónde: X_i : Demanda de cultivos i en MMC en la SZH
 $cell_i$: Referencia de celda para i
i = Permantes, Transitorios, pastos

$X_i = \text{GET XLS CONSTANTS}('datos_SHZ.xlsx', 'datos', 'cell_i')$ [Ec 2.0.10]
- "Pastos + AAH SZH" = GET XLS CONSTANTS('datos_SHZ.xlsx', 'datos', 'N60') [Ec 2.0.11]
- Dónde: X_i : Demanda de alimentos i per cápita
 $cell_i$: Referencia de celda para i
i = Permantes, Transitorios

$X_i = \text{GET XLS CONSTANTS}('datos_SHZ.xlsx', 'datos', 'cell_i')$ [Ec 2.0.12]
- Dónde: X_i : Población inicial i en la SZH
 $cell_i$: Referencia de celda para i
i = Rural, Urbana

$X_i = \text{GET XLS CONSTANTS}('datos_SHZ.xlsx', 'datos', 'cell_i')$ [Ec 2.0.13]
- Dónde: X_i : Área inicial de cultivos i en la SZH
 $cell_i$: Referencia de celda para i
i = Permantes, Transitorios

$X_i = \text{GET XLS CONSTANTS}('datos_SHZ.xlsx', 'datos', 'cell_i')$ [Ec 2.0.14]

- Dónde: X_i : Producción de alimentos i por ha en la SZH
cell_i : Referencia de celda para i
i = Permanentes, Transitorios

$X_i = \text{GET XLS CONSTANTS}('datos_SHZ.xlsx', 'datos', 'cell_i')$ [Ec 2.0.15]

- Tasa de cambio de aportes agropecuarios al IACAL SZH: $\text{INTERPOLATE} := \text{GET XLS DATA}('datos_SHZ.xlsx', 'camb ptar agr', '1', 'B60')$ [Ec 2.0.16]

- Cambio de la demanda de carne en la SZH: $\text{INTERPOLATE} := \text{GET XLS DATA}('datos_SHZ.xlsx', 'cambio pastos', '1', 'B60')$ [Ec 2.0.17]

- Porcentaje del área de riego por área total de cultivos transitorios en la SZH: $\text{INTERPOLATE} := \text{GET XLS DATA}('datos_SHZ.xlsx', 'porc area riego trans', '1', 'B60')$ [Ec 2.0.18]

- Dónde: X_i : Porcentaje del área de riego por área total de cultivos i en la SZH
cell_i : Referencia de celda para i
i = Permanentes, Pastos

$X_i = \text{GET XLS CONSTANTS}('datos_SHZ.xlsx', 'datos', 'cell_i')$ [Ec 2.0.19]

- Mejora en MMC de cultivos transitorios en la SZH = $\text{WITH LOOKUP}([(2008, -0.25) - (2050, 0)], (2008, 0), (2050, -0))$ [Ec 2.0.20]

- Cambio de la demanda de lácteos en la SZH = $\text{WITH LOOKUP}([(2008, -0.25) - (2050, 0)], (2008, 0), (2050, -0))$ [Ec 2.0.21]

- Tasa de cambio de V transitorios en la SZH = $\text{WITH LOOKUP}([(2008, -0.25) - (2050, 0)], (2008, 0), (2050, -0))$ [Ec 2.0.22]

1. Variables Auxiliares:

- Área de pastos en la SZH = ("Pastos+AAH en la SZH") +
IF [(Área potencial total en la SZH-Área de cultivos permanentes en la SZH-Área de cultivos transitorios en la SZH<0)
THEN(0)
ELSE (IF [(Área de cultivos permanentes en la SZH+Área de cultivos transitorios en la SZH+
Pasto total requerido en la SZH)>Área potencial total en la SZH)
THEN(Área potencial total en la SZH-Área de cultivos permanentes en la SZH-
Área de cultivos transitorios en la SZH)
ELSE(Pasto total requerido en la SZH)]] [Ec 2.1.1]

- Alimento total en la SZH = Alimentos por cultivos transitorios en la SZH +
Alimentos por cultivos permanentes en la SZH +
Alimentos por pastos en la SZH [Ec 2.1.2]

- $$\begin{aligned} \text{Volumen efectivo de riego de cultivos permanentes en la SZH} = \\ \text{Área efectiva de cultivos permanentes en la SZH} \times \\ \frac{\text{Volumen efectivo de riego por área de cultivos permanentes en la SZH} \times \\ \text{Población total en la SZH}}{\text{Población total en la SZH}} \end{aligned} \quad [\text{Ec 2.1.3}]$$

- $$\begin{aligned} \text{Volumen efectivo de riego de cultivos transitorios en la SZH} = \\ \text{Volumen efectivo de riego por área de cultivos transitorios en la SZH} \times \\ \text{Población total en la SZH} \times \frac{\text{Área efectiva de cultivos transitorios en la SZH}}{\text{Población total en la SZH}} \end{aligned} \quad [\text{Ec 2.1.4}]$$

- $$\begin{aligned} \text{Volumen efectivo de riego de pastos en la SZH} = (\text{Área efectiva de pastos en la SZH} \times \\ \text{Población total en la SZH}) \times \frac{\text{Volumen efectivo de riego por área de pastos en la SZH}}{\text{Población total en la SZH}} \end{aligned} \quad [\text{Ec 2.1.5}]$$

Dda transitorios externa= -(IF THEN ELSE(Superavit transitorios 2625<>0,Superavit transitorios 2625,0)...

[Ec 2.1.6]

Dda permanentes externa= IF THEN ELSE(-(IF THEN ELSE(Superavit permanentes 2625<>0,Superavit permanentes 2625,0)...

[Ec 2.1.7]

- Dónde:
 - X_i : Cambio de cultivos i en la SZH
 - Y_i : Cultivos i por habitante en la SZH
 - Z_i : Área de cultivos i en la SZH
 - W_i : Cambio de cultivos i por demanda externa en la SZH
 - i = Permanentes, Transitorios

$$X_i = (Y_i \times \text{Crecimiento poblacional en la SZH}) - (Z_i \times 0) + W_i \quad [\text{Ec 2.1.8}]$$

- $$\begin{aligned} \text{Crecimiento poblacional en la SZH} = \text{Crecimiento poblacional urbano en la SZH} + \\ \text{Crecimiento poblacional rural en la SZH} \end{aligned} \quad [\text{Ec 2.1.9}]$$

- $$\begin{aligned} \text{Pastos efectivos en la SZH} = \text{Cambio de la demanda de lácteos en la SZH} \times 0.064 + \\ \text{Cambio de la demanda de carne en la SZH} \times (1 - 0.064) \end{aligned} \quad [\text{Ec 2.1.10}]$$

- $$\begin{aligned} \text{Población total en la SZH} = \text{Población rural en la SZH} + \\ \text{Población urbana en la SZH} \end{aligned} \quad [\text{Ec 2.1.11}]$$

- Dónde:
 - X_i : Cambio de patrón de consumo i en la SZH
 - Y_i : Ingreso por habitante i en la SZH
 - K_i : Valor constante para i en la SZH
 - i = Rural y Urbano

$$X_i = \left(\frac{Y_i}{K_i} \right) \times 0 \quad [\text{Ec 2.1.12}]$$

- Dónde:
 - X_i : Empleo por cultivos i en la SZH
 - Y_i : Empleo por hectárea de cultivos i en la SZH

Z_i : Cambio de cultivos i en la SZH
i = Permanentes, Transitorios

$$X_i = Y_i \times Z_i \quad [Ec 2.1.13]$$

- Empleo por pastos en la SZH = Empleo por hectárea de pastos en la SZH × Área de pastos en la SZH [Ec 2.1.14]
- Empleo por hectárea de cultivos permanentes en la SZH = 0.7427 [Ec 2.1.15]
- Dónde: X_i : Cambio de cultivos i por demanda externa en la SZH
 Y_i : Alimento por área de cultivos i en la SZH
 Z_i : Demanda externa de cultivos i
 W_i : Porcentaje de obligación de cultivos i en la SZH
i = Permanentes, Transitorios

$$X_i = IF \left[(Y_i = 0) THEN(0) ELSE \left(\frac{Z_i}{Y_i} \times W_i \right) \right] \quad [Ec 2.1.16]$$

- Cambio de pastos por demanda externa en la SZH = Demanda externa de pastos × Porcentaje de obligación de pastos en la SZH [Ec 2.1.17]
- Dónde: X_i : Sustancia contaminante i por unidad hídrica agropecuaria en la SZH
 Y_i : Aporte de la sustancia contaminante i por unidad hídrica agropecuaria en la SZH
 Z_i : Aporte de la sustancia contaminante i por Ha de pastos en la SZH
 W_i : Aporte de la sustancia contaminante i por Ha de cultivos permanentes en la SZH
 V_i : Aporte de la sustancia contaminante i por Ha de cultivos transitorios en la SZH
i = NT, DBO, FT, SST y DBO

$$X_i = (Y_i \times \text{Área agropecuaria en la SZH} \times 0) + (Z_i \times \text{Área de pastos en la SZH}) + (W_i \times \text{Área de cultivos permanentes en la SZH}) + (V_i \times \text{Área de cultivos transitorios en la SZH}) \quad [Ec 2.1.18]$$

Para los casos específicos de los contaminantes: FT y SST, la ecuación anterior se multiplica por la: Tasa de cambio de aportes agropecuarios al IACAL SZH.

Mientras que para los casos específicos de los contaminantes: DBO y DBO, la ecuación anterior se multiplica por la: Tasa de cambio de aportes agropecuarios al IACAL SZH²

- Área agropecuaria en la SZH = Área de pastos en la SZH + Área de cultivos transitorios en la SZH + Área de cultivos permanentes en la SZH [Ec 2.1.19]
- Demanda potencial del recurso hídrico agropecuario en la SZH = Recurso hídrico potencial de pastos en la SZH + Recurso hídrico potencial de cultivos permanentes en la SZH + Recurso hídrico potencial de cultivos transitorios en la SZH [Ec 2.1.20]

- Dónde: X_i : Recurso hídrico potencial de i en la SZH
 Y_i : Área de i en la SZH
 Z_i : MMC por área de i en la SZH
i = Cultivos permanentes, Cultivos transitorios, Pastos

$$X_i = Y_i \times Z_i \quad [Ec 2.1.21]$$

- Dónde: X_i : Área efectiva de i en la SZH
 Y_i : Área de i en la SZH
 Z_i : Porcentaje de área de riego por área total de i en la SZH
i = Cultivos permanentes, Cultivos transitorios, Pastos

$$X_i = Y_i \times Z_i \quad [Ec 2.1.22]$$

Para el caso específico de los Pastos a la ecuación anterior se le suma:
Pastos efectivos en la SZH $\times 0$

- Pastos efectivos en la SZH = Cambio de la demanda de lácteos en la SZH $\times 0.064$ +
Cambio de la demanda de carne en la SZH $\times (1 - 0.064)$ [Ec 2.1.23]

- Área requerida en la SZH =
IF[(Área de pastos en la SZH-Pasto total requerido en la SZH ≥ 0)
THEN(0)
ELSE (-(Crecimiento poblacional en la SZH \times Demanda de área carne por persona en la SZH
))] [Ec 2.1.24]

- Pasto total requerido en la SZH = (Cambio de pastos carne en la SZH +
Cambio de pastos lechero en la SZH) +
Cambio de cultivos pastos por demanda externa en la SZH [Ec 2.1.25]

- Demanda de área ganadera por persona en la SZH = $0.88 \times$
(Población inicial rural en la SZH + Población inicial urbana en la SZH) [Ec 2.1.26]

- Dónde: X_i : Demanda de cultivos i en la SZH
 Y_i : Demanda de alimentos i por habitante en la SZH
i = Permanentes, Transitorios

$$X_i = Y_i \times \text{Población total en la SZH} \quad [Ec 2.1.27]$$

- Demanda total de riego agropecuario en la SZH =
Volumen efectivo de riego de pastos en la SZH +
Volumen efectivo de riego de cultivos permanentes en la SZH +
Volumen efectivo de riego de cultivos transitorios en la SZH [Ec 2.1.28]

- Dónde: X_i : Superávit de cultivos i en la SZH
 Y_i : Alimentos por cultivos i en la SZH
 Z_i : Demanda de cultivos i en la SZH
i = Permanentes, Transitorios

- Empleo por hectárea de cultivos transitorios en la SZH = 0.2812 [Ec 2.2.6]
- Cambio de ingresos per cápita en la SZH = 0.023 [Ec 2.2.7]
- Mejora en la productividad de cultivos transitorios en la SZH = 0 [Ec 2.2.8]
- Mejora en la productividad de cultivos permanentes en la SZH = 0 [Ec 2.2.9]
- Mejora en la productividad de pastos en la SZH = 0 [Ec 2.2.10]
- Tasa de cambio de V permanente en la SZH = 0 [Ec 2.2.11]
- Tasa d cambio de V pastos en la SZH = 0 [Ec 2.2.12]

3. Variables de Nivel y sus Flujos:

- Dónde: X_i : Cantidad de pastos i en la SZH
 Y_i : Cambio de pastos i en la SZH
 Z_i : Cantidad de pastos i en la SZH
 K_i : Valor constante de i en la SZH
 W_i : Demanda de área i por persona en la SZH
i = Lechero, Carne

$$X_i = (\text{Demanda de área ganadera por persona en la SZH} \times K_i) + \int_0^{37} (Y_i - Z_i) dt \quad [Ec 2.3.1]$$

$$Y_i = [(\text{Población rural en la SZH} + \text{Población urbana en la SZH}) \times W_i] - (Z_i \times 0) \quad [Ec 2.3.2]$$

- Empleo por actividad agropecuaria en la SZH = (801.758 + 7496) + $\int_0^{37} (\text{Cambio de empleo agropecuario en la SZH}) dt$ [Ec 2.3.3]

$$\begin{aligned} &\text{Cambio de empleo agropecuario en la SZH} = \text{Empleo por pastos en la SZH} + \\ &\text{Empleo por cultivos permanentes en la SZH} + \\ &\text{Empleo por cultivos transitorios en la SZH} \end{aligned} \quad [Ec 2.3.4]$$

- Dónde: X_i : Área de cultivos i en la SZH
 Y_i : Área inicial de cultivos i en la SZH
 Z_i : Cambio de cultivos i en la SZH
 W_i : Cultivo i por habitante en la SZH
 V_i : Cambio de cultivos i por demanda externa en la SZH
i = Permanentes, Transitorios

$$X_i = Y_i + \int_0^{37} [IF[(\text{Área de cultivos transitorios en la SZH} + \text{Área de cultivos permanentes en la SZH}) > \text{Área potencial total en la SZH}]] dt$$

$$\begin{aligned} & \text{THEN}(0) \\ & \text{ELSE}(Z_i) \\ & \times \left(\frac{\text{Area potencial SZH}}{\text{Area potencial SZH}} \right) dt \end{aligned} \quad [Ec 2.3.5]$$

$$Z_i = (\text{Crecimiento poblacional SZH} \times W_i) - (X_i \times 0) + V_i \quad [Ec 2.3.6]$$

- Alimentos por pastos en la SZH = ("Pastos + AAH en la SZH") × Alimentos por área de pastos en la SZH + $\int_0^{37} (\text{Cambio de alimentos en la SZH}) dt$
[Ec 2.3.7]

$$\text{Cambio de alimentos en la SZH} = \text{Alimentos por área de pastos en la SZH} \times \text{Pasto total requerido en la SZH} \quad [Ec 2.3.8]$$

- Dónde: X_i : Alimentos por cultivos i en la SZH
 Y_i : Cambio en alimentos i en la SZH
 Z_i : Alimento por área de cultivos i en la SZH
 W_i : Cambio de cultivos i en la SZH
 K_i : Valor constante para cultivos i
i = Permanentes, Transitorios

$$X_i = K_i + \int_0^{37} (Y_i) dt \quad [Ec 2.3.9]$$

$$Y_i = Z_i \times W_i \quad [Ec 2.3.10]$$

- Dónde: X_i : Alimento por área de i en la SZH
 Y_i : Producción de alimentos i por Ha en la SZH
 Z_i : Mejora de productividad de i en la SZH
i = Cultivos permanentes, Cultivos transitorios, Pastos

$$Y_i = 0.023 \text{ cuando } i = \text{Pastos}$$

$$X_i = Y_i + \int_0^{37} (X_i \times Z_i) dt \quad [Ec 2.3.11]$$

- Dónde: X_i : Demanda de alimentos i por habitante en la SZH
 Y_i : Demanda de alimentos i per cápita
 Z_i : Cambio de demanda de alimentos i en la SZH
i = Permanentes, Transitorios

$$X_i = \text{dda alim "X" per capita} + \int_0^{37} (Y_i \times Z_i) dt \quad [Ec 2.3.12]$$

- Dónde: X_i : Aporte de la sustancia contaminante i por unidad hídrica agropecuaria en la SZH
 Y_i : Sustancia contaminante i inicial en la SZH
 K_i : Valor constante para i
i = NT, DBO, FT, SST, DBO

$$X_i = \frac{(Y_i \times K_i)}{\text{Área inicial de cultivos transitorios en la SZH} + \text{Área inicial de cultivos permanentes en la SZH} + \text{"Pastos+AAH SZH"} + \int_0^{37} (X_i \times \text{Tasa de cambio de aportes agropecuarios al IACAL en la SZH}) dt \quad [Ec 2.3.13]$$

- Dónde: X_i : Ingresos por habitante i en la SZH
 K_i : Valor constante para i
i = Rural, Urbano

$$X_i = K_i + \int_0^{37} (X_i \times \text{Cambio de ingresos per cápita en la SZH}) dt \quad [Ec 2.3.14]$$

- Dónde: X_i : Cultivos i por habitante en la SZH
 Y_i : Área de cultivos i en la SZH
 Z_i : Cambio de cultivos i en la SZH
 W_i : Cambio de demanda de alimentos i en la SZH
 V_i : Demanda de alimentos i por habitante en la SZH
 U_i : Alimentos por área de cultivos i en la SZH
i = Permanentes, Transitorios

$$X_i = \frac{Y_i}{\text{Población total en la SZH}} + \int_0^{37} (X_i \times (\text{Cambio de patrón de consumo rural en la SZH} + \text{Cambio de patrón de consumo urbano en la SZH} + Z_i) + \text{IF}[(W_i=0) \text{ THEN}(0) \text{ ELSE} (\frac{V_i}{U_i})]) dt \quad [Ec 2.3.15]$$

- Dónde: X_i : MMC por área de cultivos i en la SZH
 Y_i : Demanda de cultivos i en MMC en la SZH
 Z_i : Área de cultivos i en la SZH
i = Permanentes, Transitorios

$$X_i = \frac{Y_i}{Z_i} + \int_0^{37} (X_i \times \text{Mejora de MMC cultivos transitorios en la SZH}) dt \quad [Ec 2.3.16]$$

- MMC por área de pastos en la SZH = $\frac{\text{Demanda de pastos MMC en la SZH}}{\text{Área de pastos en la SZH}} + \int_0^{37} (\text{MMC por área de pastos en la SZH} \times \text{Tasa de cambio V transitorios en la SZH}) dt \quad [Ec 2.3.17]$

- Dónde: X_i : Demanda de área i por persona en la SZH
 Y_i : Cambio de demanda i en la SZH
 K_i : Valor constante para i
i = Leche, Carne

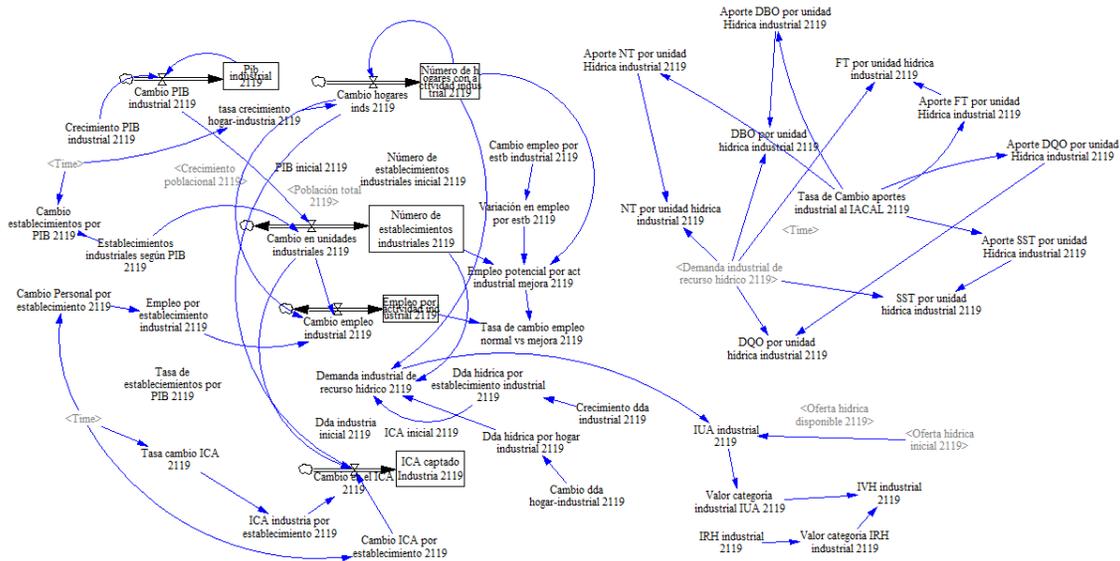
$$X_i = \frac{K_i \times \text{"Pastos+AAH en la SZH"}}{\text{Población total en la SZH}} + \int_0^{37} (X_i \times Y_i) dt \quad [Ec 2.3.18]$$

- Dónde: X_i : Volumen efectivo de riego por área i en la SZH
 Y_i : MMC riego efectivo por área de i en la SZH

W_i : Tasa de cambio V i en la SZH
i = Cultivos permanentes, Cultivos transitorios, Pastos

$$x_i = y_i + \int_0^{37} (x_i \times W_i) dt \quad [Ec 2.3.19]$$

3.12.1.3 Subsistema Industria Manufacturera:



A continuación se muestran las diferentes ecuaciones que exhiben la interacción entre variables dentro del Subsistema Industria Manufacturera:

- Crecimiento del PIB industrial en la SZH: INTERPOLATE:: =
GET XLS DATA('datos_SHZ.xlsx' , 'crecimiento pib inn' , '1' , 'B60') [Ec 3.0.1]
- Número inicial de establecimientos industriales en la SZH =
INITIAL(Establecimientos industriales según PIB SZH × Pib industrial SZH) [Ec 3.0.2]
- Crecimiento de la demanda industrial en la SZH: INTERPOLATE:: =
GET XLS DATA('datos_SHZ.xlsx' , 'crecimiento ind' , '1' , 'B60') [Ec 3.0.3]
- Tasa de cambio de aportes industriales al IACAL en la SZH: INTERPOLATE:: =
GET XLS DATA('datos_SHZ.xlsx' , 'cambios ptar' , '1' , 'B60') [Ec 3.0.4]

1. Variables Auxiliares:

- Tasa de establecimientos por PIB en la SZH =
GET XLS CONSTANTS('datos_SHZ.xlsx' , 'datos' , 'AK60') [Ec 3.1.1]
- Demanda industrial inicial en la SZH =
GET XLS CONSTANTS('datos_SHZ.xlsx' , 'datos' , 'T60') [Ec 3.1.2]
- PIB inicial en la SZH = GET XLS CONSTANTS('datos_SHZ.xlsx' , 'datos' , 'W60') [Ec 3.1.3]

- Oferta hídrica inicial en la SZH =
 GET XLS CONSTANTS('datos_SHZ.xlsx', 'datos', 'X60') [Ec 3.1.4]

- Establecimientos industriales según PIB en la SZH = 1 +
 ACTIVE INITIAL(Cambio de establecimientos por PIB en la SZH) [Ec 3.1.5]

- Cambio de establecimientos por PIB en la SZH = WITH LOOKUP[[(0,0) –
 (3000,10)], (2008,0), (2009,0), (2010,0), (2011,0), (2025,0), (2050,0)] [Ec 3.1.6]

- *Tasa de cambio del ICA en la SZH = WITH LOOKUP*[[(2008, –0.03) – (2050,0.5)],
 (2008, –0.07225), (2009,0.1272), (2010,0.149), (2011,0.0811), (2012,0.07506),
 (2013,0.0698), (2014,0.0653), (2015.06,0.0699561), (2016.22,0.065307),
 (2019.17,0.0606579), (2020.33,0.0536842), (2025.21,0.0467105),
 (2030.48,0.044386), (2035.49,0.0374123), (2039.72,0.0350877),
 (2044.99,0.028114), (2050,0.0199)] [Ec 3.1.7]

- "Tasa de crecimiento de hogar industrial en la SZH" = WITH LOOKUP[[(2008,0) –
 (2052,0.05)], (2008,0.0188), (2010,0.0181), (2014,0.0174), (2016.75,0.0188596),
 (2018.5,0.0230263), (2020.51,0.0267544), (2023.61,0.0296053), (2026.57,0.0247807),
 (2028.45,0.0166667), (2030.47,0.010307), (2033,0.0084), (2037,0.0071), (2040,0.0062),
 (2046,0.0049), (2050,0.0045)] [Ec 3.1.8]

- Cambio del ICA por establecimiento en la SZH = WITH LOOKUP [[(2008, –0.03) –
 (2050,0.5)], (2008,0.067225), (2009,0.0218), (2010,1.123), (2011,1.0146),
 (2012,1.00078), (2013,0.00347), (2014,0.00721), (2015,0.01049), (2016,0.01344),
 (2019,0.0206066), (2020,0.0226), (2025,0.0302), (2030,0.0355), (2035,0.0394123),
 (2039,0.0418), (2044,0.0443), (2050,0.0462)] [Ec 3.1.9]

- Empleo por establecimiento industrial en la SZH =
 Cambio de personal por establecimiento en la SZH [Ec 3.1.10]

- Cambio de personal por establecimiento en la SZH = WITH LOOKUP[[(2008,0) –
 (2050,90)], (2008,82.2545), (2009,70.0834), (2010,66.786), (2011,69.6274),
 (2050,69.63)] [Ec 3.1.11]

- Empleo potencial por actividad industrial mejora en la SZH =
 (Número de hogares con actividad industrial en la SZH × 1) +
 (Número de establecimientos industriales en la SZH) ×
 Variación en empleo por establecimientos en la SZH [Ec 3.1.12]

- Tasa de cambio del empleo normal vs mejora en la SZH =

$$\frac{\text{Empleo potencial por actividad industrial mejora en la SZH} - \text{Empleo por actividad industrial en la SZH}}{\text{Empleo por actividad industrial en la SZH}}$$
[Ec 3.1.13]

- Demanda industrial de recurso hídrico en la SZH =
 Número de establecimientos industriales en la SZH ×
 Demanda hídrica por establecimiento industrial en la SZH +

Demanda hídrica por hogar industrial en la SZH ×
 Número de hogares con actividad industrial en la SZH [Ec 3.1.14]

- IUA industrial en la SZH = $\left(\frac{\text{Demanda industrial de recurso hídrico en la SZH}}{\text{Oferta hídrica inicial en la SZH}} \right) \times 100$ [Ec 3.1.15]

- IRH industrial en la SZH = $\frac{64}{100}$ [Ec 3.1.16]

- NT por unidad hídrica industrial en la SZH =
 Aporte NT por unidad hídrica industrial en la SZH ×
 Demanda industrial de recurso hídrico en la SZH [Ec 3.1.17]

- Dónde: \mathcal{X} : IUA industrial en la SZH

Valor categoría industrial IUA SZH =
 IF[(\mathcal{X} >50)
 THEN(5)
 ELSE(IF[(\mathcal{X} >20.01)&(\mathcal{X} ≤50)
 THEN(4)
 ELSE(IF[(\mathcal{X} >10.01)&(\mathcal{X} ≤20)
 THEN(4)
 ELSE(IF[(\mathcal{X} >1)&(\mathcal{X} ≤10)
 THEN(2)
 ELSE(IF[(\mathcal{X} ≤1)
 THEN(1)
 ELSE(0)])])]]]] [Ec 3.1.18]

- Dónde: \mathcal{X} : IRH industrial en la SZH

Valor categoría IRH industrial SZH =
 IF[(\mathcal{X} >0.85)
 THEN(5)
 ELSE(IF[(\mathcal{X} >0.75)&(\mathcal{X} ≤0.85)
 THEN(4)
 ELSE(IF[(\mathcal{X} >0.65)&(\mathcal{X} ≤0.75)
 THEN(4)
 ELSE(IF[(\mathcal{X} >0.5)&(\mathcal{X} ≤0.65)
 THEN(2)
 ELSE(IF[(\mathcal{X} ≤0.5)
 THEN(1)
 ELSE(0)])])]]]] [Ec 3.1.19]

- Dónde: \mathcal{X} : Valor categoría del IUA industrial en la SZH
 \mathcal{Y} : Valor categoría del IRH industrial en la SZH

IVH industrial SZH=
 IF[(\mathcal{X} =1)&(\mathcal{Y} =4)
 THEN(1)

- Pib industrial en la SZH = PIB inicial en la SZH +
 $\int_0^{37} (\text{Cambio del PIB industrial en la SZH}) dt$ [Ec 3.3.1]

Cambio del PIB industrial en la SZH = Crecimiento del PIB industrial en la SZH ×
Pib industrial en la SZH [Ec 3.3.2]
- Número de hogares con actividad industrial en la SZH =
Cambio de hogares industriales en la SZH +
 $\int_0^{37} (\text{Cambio de hogares industriales en la SZH}) dt$ [Ec 3.3.3]

Cambio de hogares industriales en la SZH =
Número de hogares con actividad industrial en la SZH ×
(Tasa de crecimiento hogar industrial en la SZH) [Ec 3.3.4]
- Número de establecimientos industriales en la SZH =
Número de establecimientos industriales inicial en la SZH +
 $\int_0^{37} (\text{Cambio en unidades industriales en la SZH}) dt$ [Ec 3.3.5]

Cambio en unidades industriales en la SZH = Cambio del PIB industrial en la SZH ×
Establecimientos industriales según PIB en la SZH [Ec 3.3.6]
- Empleo por actividad industrial en la SZH =
(Empleo por establecimiento industrial en la SZH ×
Número de establecimientos industriales en la SZH) +
 $\int_0^{37} (\text{Cambio de empleo industrial en la SZH}) dt$ [Ec 3.3.7]

Cambio de empleo industrial en la SZH = (Cambio de hogares industriales en la SZH +
Cambio en unidades industriales en la SZH) ×
Empleo por establecimiento industrial en la SZH [Ec 3.3.8]
- ICA captado por industria en la SZH = ICA inicial en la SZH +
 $\int_0^{37} (\text{Cambio en el ICA en la SZH}) dt$ [Ec 3.3.9]

Cambio en el ICA en la SZH = ICA industria por establecimiento en la SZH ×
(Cambio en unidades industriales en la SZH) ×
Cambio del ICA por establecimiento en la SZH +
Cambio de hogares industriales en la SZH ×
ICA industria por establecimiento en la SZH × 0.1 [Ec 3.3.10]
- ...

▪ Variación en empleo por establecimientos en la SZH =
Empleo por establecimiento industrial en la SZH +
 $\int_0^{37} (\text{Variación en empleo por establecimientos en la SZH} \times$
Cambio de empleo por establecimiento industrial en la SZH) dt [Ec 3.3.11]

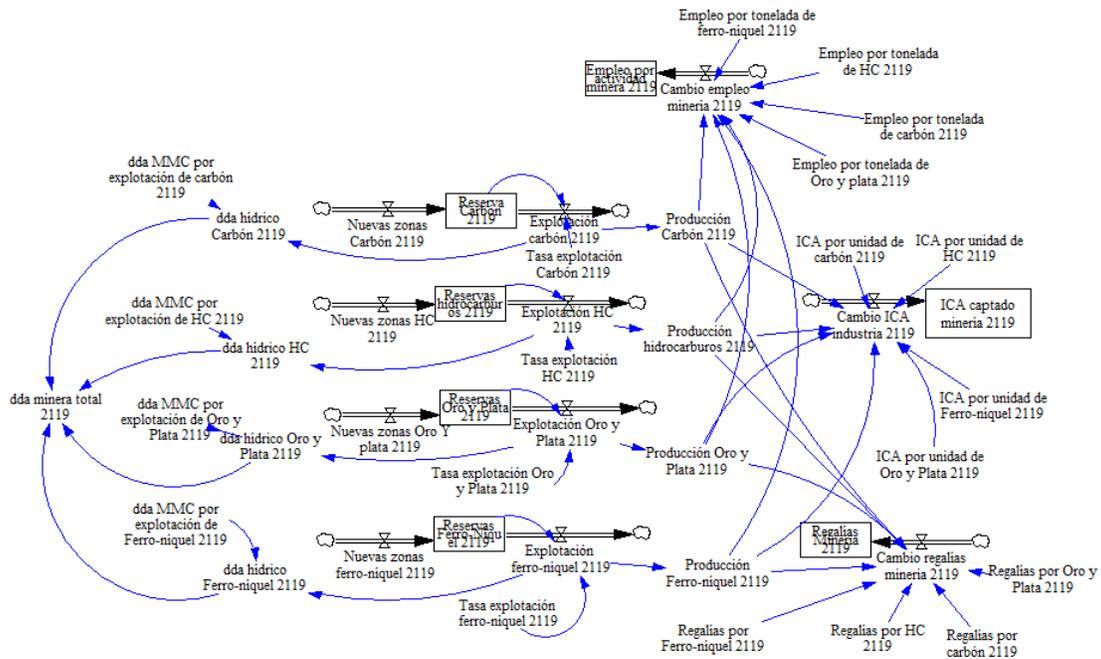
- Demanda hídrica por establecimiento industrial en la SZH =

$$\frac{\text{Demanda inicial industria en la SZH}}{\text{Número inicial de establecimientos industriales en la SZH}} + \int_0^{37} (\text{Crecimiento de demanda industrial en la SZH} \times \text{Demanda hídrica por establecimiento industrial en la SZH}) dt \quad [Ec 3.3.12]$$
- Demanda hídrica por hogar industrial en la SZH = $(0.000724048 \times 0.06) + \int_0^{37} (\text{Demanda hídrica por hogar industrial en la SZH} \times \text{Cambio de demanda hogar industrial en la SZH}) dt \quad [Ec 3.3.13]$
- ICA industria por establecimiento en laSZH =

$$\frac{\text{ICA inicial SZH}}{\text{Número de establecimientos industriales inicial SZH}} + \int_0^{37} (\text{ICA industria por establecimiento en la SZH} \times (\text{Tasa de cambio del ICA en la SZH})) dt \quad [Ec 3.3.14]$$
- Aporte de NT por unidad hídrica industrial en la SZH =

$$\text{Concentración inicial de NT industrial en la SZH} \times \text{Tasa de recuperación industrial en la SZH} + \int_0^{37} (\text{Aporte de NT por unidad hídrica industrial en la SZH} \times \text{Tasa de cambio de aportes industriales al IACAL en la SZH}) dt \quad [Ec 3.3.15]$$

3.12.1.4 Subsistema Industrial Minero:



A continuación se muestran las diferentes ecuaciones que exhiben la interacción entre variables dentro del Subsistema Industrial Minero:

1. Variables Auxiliares:

- Demanda minera total en la SZH = Demanda hídrica de Carbón en la SZH + Demanda hídrica de HC en la SZH + Demanda hídrica de Oro y Plata en la SZH + Demanda hídrica de Ferro_níquel en la SZH

[Ec 4.0.1]

- Dónde: X_i : Demanda hídrica de i en la SZH
 Y_i : Demanda MMC por explotación de i en la SZH
 Z_i : Explotación de i en la SZH
i = Carbón, HC, Oro y Plata, Ferro_níquel

$$X_i = Y_i \times Z_i$$

[Ec 4.0.2]

- Dónde: X_i : Producción de i en la SZH
 Y_i : Explotación de i en la SZH
i = Carbón, HC, Oro y Plata, Ferro_níquel

$$X_i = Y_i$$

[Ec 4.0.3]

1. Variables Constantes:

- Dónde: X_i : Demanda MMC por explotación de i en la SZH

$$X_i = 0 \quad i = \text{Carbón, HC, Oro y Plata, Ferro_níquel} \quad [Ec 4.1.1]$$

- Dónde: X_i : Tasa de explotación de i en la SZH
 $X_i = 0$ $i = \text{Carbón, HC, Oro y Plata, Ferro_níquel}$ [Ec 4.1.2]

- Dónde: X_i : Empleo por tonelada de i en la SZH
 $X_i = 0$ $i = \text{Carbón, HC, Oro y Plata, Ferro_níquel}$ [Ec 4.1.3]

- Dónde: X_i : Regalías por i en la SZH
 $X_i = 0$ $i = \text{Carbón, HC, Oro y Plata, Ferro_níquel}$ [Ec 4.1.4]

- Dónde: X_i : ICA por unidad de i en la SZH
 $X_i = 0$ $i = \text{Carbón, HC, Oro y Plata, Ferro_níquel}$ [Ec 4.1.5]

2. Variables de Nivel y sus Flujos:

- Empleo por actividad minera en la SZH = $0 + \int_0^{37} (\text{Cambio de empleo minería en la SZH})dt$ [Ec 4.2.1]

$$\begin{aligned} \text{Cambio de empleo minería en la SZH} = & (\text{Empleo por tonelada de carbón} \times \\ & \text{Producción Carbón}) + (\text{Empleo por tonelada de HC} \times \text{Producción hidrocarburos}) + \\ & (\text{Empleo por tonelada de Oro y plata} \times \text{Producción Oro y Plata}) + \\ & (\text{Empleo por tonelada de Ferro_níquel} \times \text{Producción Ferro_níquel}) \end{aligned} \quad [Ec 4.2.2]$$

- ICA captado por minería en la SZH = $0 + \int_0^{37} (\text{Cambio del ICA industria en la SZH})dt$ [Ec 4.2.3]

$$\begin{aligned} \text{Cambio del ICA industria en la SZH} = & (\text{ICA por unidad de carbón en laSZH} \times \\ & \text{Producción Carbón en la SZH}) + (\text{ICA por unidad de HC en la SZH} \times \\ & \text{Producción hidrocarburos en la SZH}) + (\text{ICA por unidad de Oro y Plata en la SZH} \times \\ & \text{Producción Oro y Plata en la SZH}) + (\text{ICA por unidad de Ferro_níquel en la SZH} \times \\ & \text{Producción Ferro_níquel en la SZH}) \end{aligned} \quad [Ec 4.2.4]$$

- Regalías por minería en la SZH = $0 + \int_0^{37} (\text{Cambio de regalías minería en la SZH})dt$ [Ec 4.2.5]

$$\begin{aligned} \text{Cambio de regalías minería en la SZH} = & (\text{Regalías por Carbón en la SZH} \times \\ & \text{Producción de Carbón en la SZH}) + (\text{Regalías por HC en la SZH} \times \\ & \text{Producción de Hidrocarburos en la SZH}) + (\text{Regalías por Oro y Plata en la SZH} \times \\ & \text{Producción de Oro y Plata en la SZH}) + (\text{Regalías por Ferro_níquel en la SZH} \times \\ & \text{Producción de Ferro_níquel en la SZH}) \end{aligned} \quad [Ec 4.2.6]$$

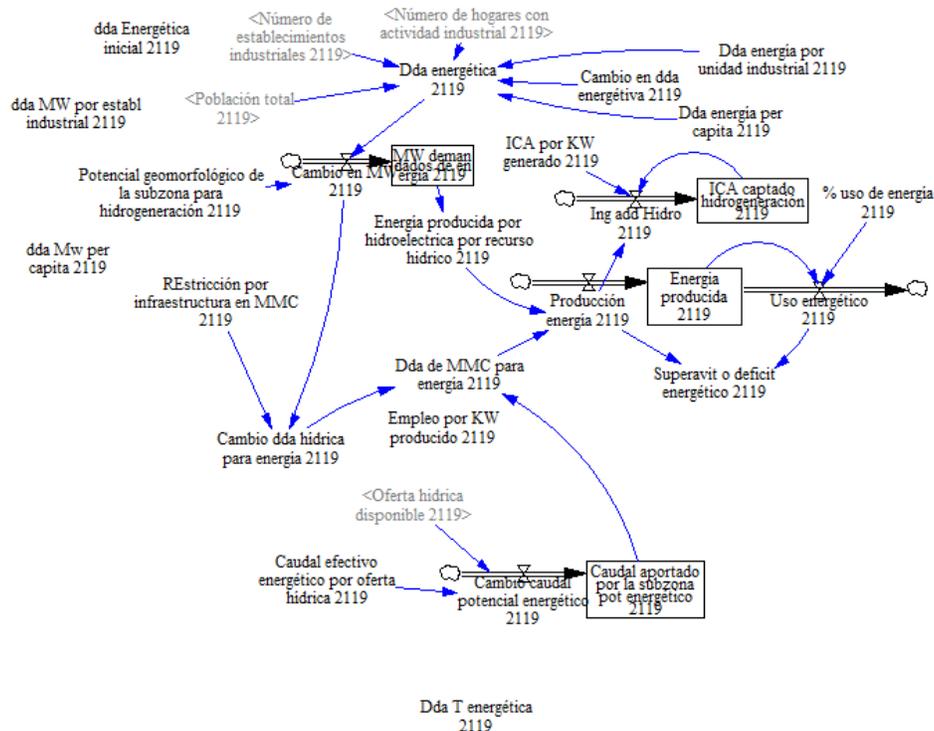
- Dónde: X_i : Reservas de i en la SZH
 Y_i : Nuevas zonas de i en la SZH
 Z_i : Explotación de i en la SZH
 W_i : Tasa de explotación i en la SZH
i = Carbón, HC, Oro y Plata, Ferro_níquel

$$X_i = 0 + \int_0^{37} (Y_i - Z_i) dt \quad [Ec 4.2.7]$$

$$Y_i = 0 \quad [Ec 4.2.8]$$

$$Z_i = X_i \times W_i \quad [Ec 4.2.9]$$

3.12.1.5 Subsistema Hidrogeneración:



A continuación se muestran las diferentes ecuaciones que exhiben la interacción entre variables dentro del Subsistema Hidrogeneración:

- Demanda energética inicial en la SZH =
INITIAL((Número inicial de establecimientos industriales en la SZH ×
Demanda de MW por establecimiento industrial en la SHZ) +
(Población inicial urbana en la SZH × Demanda de MW per cápita en la SZH) +
(Número de hogares con actividad industrial en la SZH ×
Demanda de MW per cápita en la SZH × 1.1)) [Ec 5.0.1]

1. Variables Auxiliares:

- Demanda de MW por establecimiento industrial en la SHZ =
GET XLS CONSTANTS('datos_SHZ.xlsx', 'datos', 'V2') [Ec 5.1.1]
- Demanda de MW per cápita en la SZH =
GET XLS CONSTANTS('datos_SHZ.xlsx', 'datos', 'U2') [Ec 5.1.2]
- Demanda de energía por unidad industrial en la SZH =
GET XLS CONSTANTS('datos_SHZ.xlsx', 'datos', 'V60') [Ec 5.1.3]
- Demanda de energía per cápita en la SZH =
GET XLS CONSTANTS('datos_SHZ.xlsx', 'datos', 'U60') [Ec 5.1.4]
- Cambio de demanda hídrica para energía en la SZH =
Restricción por infraestructura en MMC en la SZH × Cambio en MW en la SZH [Ec 5.1.5]
- Demanda de MMC para energía en la SZH =
Cambio de demanda hídrica para energía en la SZH ×
Caudal aportado por la subzona potencial energético SZH [Ec 5.1.6]
- Energía producida por hidroeléctrica por recurso hídrico en la SZH = 0 ×
MW demandados de energía en la SZH [Ec 5.1.7]
- Superávit o déficit energético en la SZH = Producción de energía en la SZH ×
Uso energético en la SZH [Ec 5.1.8]
- Demanda energética en la SZH = Cambio en demanda energética en la SZH +
(Número de establecimientos industriales en la SZH ×
Demanda de energía por unidad industrial en la SZH + Población total en la SZH ×
Demanda de energía per cápita en la SZH +
Número de hogares con actividad industrial en la SZH ×
Demanda de energía per cápita en la SZH [Ec 5.1.9]

2. Variables Constantes:

- Potencial geomorfológico de la subzona para hidrogenación SZH = 1 [Ec 5.2.1]
- Restricción por infraestructura en MMC en la SZH = 0 [Ec 5.2.2]
- Empleo por KW producido en la SZH = 0 [Ec 5.2.3]
- Caudal efectivo energético por oferta hídrica en la SZH = 0 [Ec 5.2.4]
- ICA por KW generado en la SZH = 0 [Ec 5.2.5]
- Porcentaje de uso de energía en la SZH = 0 [Ec 5.2.6]

- Cambio en demanda energética en la SZH = 0.029 [Ec 5.2.7]

- Demanda T energética en la SZH = 0 [Ec 5.2.8]

3. Variables de Nivel y sus Flujos:

- MW demandados de energía en la SZH = $0 + \int_0^{37} (\text{Cambio en MW en la SZH}) dt$ [Ec 5.3.1]

Cambio en MW en la SZH = Demanda energética en la SZH ×
Potencial geomorfológico de la subzona para hidrogenación SZH [Ec 5.3.2]

- ICA captado por hidrogenación en la SZH = $0 + \int_0^{37} (\text{Ingreso adicional por hidrogenación en la SZH}) dt$ [Ec 5.3.3]

Ingreso adicional por hidrogenación en la SZH =
ICA captado por hidrogenación en la SZH × ICA por KW generado en la SZH ×
Producción de energía en la SZH [Ec 5.3.4]

- Energía producida en la SZH = $1 + \int_0^{37} (\text{Producción de energía en la SZH} - \text{Uso energético en la SZH}) dt$ [Ec 5.3.5]

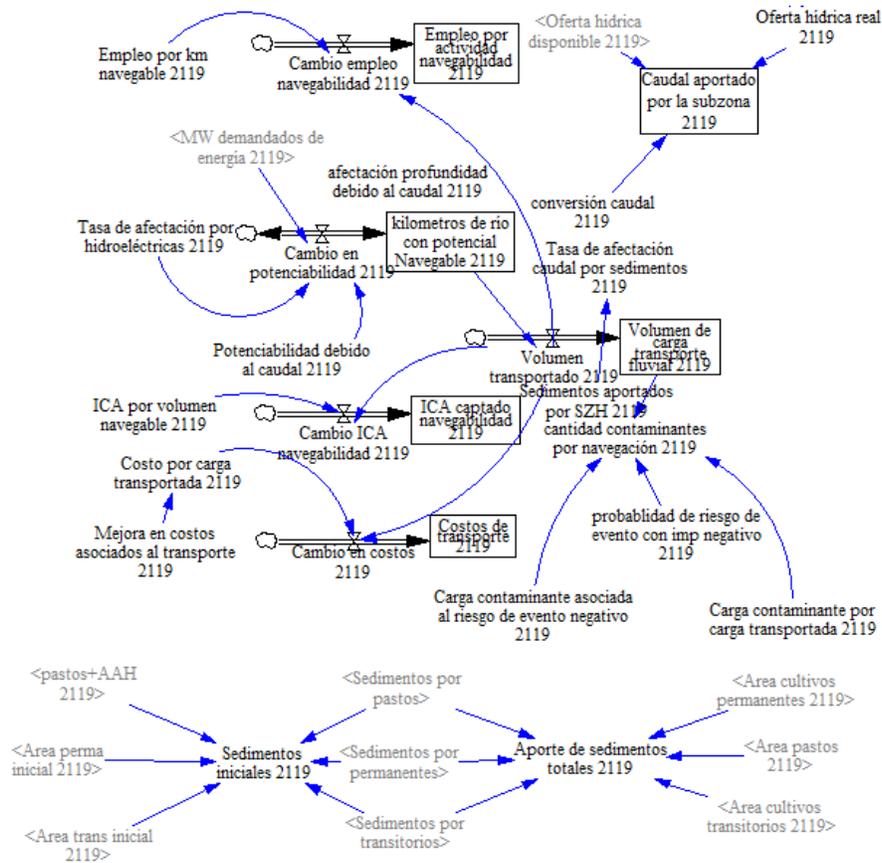
Producción de energía en la SZH = Demanda de MMC para energía en la SZH ×
Energía producida por hidroeléctrica por recurso hídrico en la SZH [Ec 5.3.6]

Uso energético en la SZH = (Porcentaje de uso de energía en la SZH) ×
Energía producida en la SZH [Ec 5.3.7]

- Caudal aportado por la subzona potencial energético en la SZH = $0 + \int_0^{37} (\text{Cambio de caudal potencial energético en la SZH}) dt$ [Ec 5.3.8]

Cambio de caudal potencial energético en la SZH =
Oferta hídrica disponible en la SZH ×
Caudal efectivo energético por oferta hídrica en la SZH × 0 [Ec 5.3.9]

3.12.1.6 Subsistema Navegabilidad:



A continuación se muestran las diferentes ecuaciones que exhiben la interacción entre variables dentro del Subsistema Navegabilidad:

1. Variables Auxiliares:

- Área inicial cultivos permanentes en la SZH =
GET XLS CONSTANTS('datos_SHZ.xlsx', 'datos', 'Q60') [Ec 6.1.1]
- Área inicial cultivos transitorios en la SZH =
GET XLS CONSTANTS('datos_SHZ.xlsx', 'datos', 'P60') [Ec 6.1.2]
- Sedimentos por pastos =
GET XLS CONSTANTS('datos_SHZ.xlsx', 'datos', 'Y2') [Ec 6.1.3]
- Sedimentos por cultivos permanentes =
GET XLS CONSTANTS('datos_SHZ.xlsx', 'datos', 'Z2') [Ec 6.1.4]
- Sedimentos por cultivos transitorios =
GET XLS CONSTANTS('datos_SHZ.xlsx', 'datos', 'AA2') [Ec 6.1.5]
- Conversión caudal en la SZH = $1e + 006/3.1536e + 007$ [Ec 6.1.6]

- Tasa de afectación caudal por sedimentos en la SZH =
Sedimentos aportados por SZH [Ec 6.1.7]

- Cantidad de contaminantes por navegación en la SZH =
Probabilidad de riesgo de evento con impacto negativo en la SZH ×
Carga contaminante asociada al riesgo de evento negativo en la SZH +
Carga contaminante por carga transportada en la SZH ×
Volumen de carga transporte fluvial en la SZH [Ec 6.1.8]

- Sedimentos iniciales en la SZH = (Área inicial cultivos permanentes en la SZH ×
Sedimentos por cultivos permanentes) + (Área inicial cultivos transitorios en la SZH ×
Sedimentos por cultivos transitorios) + ("Pastos + AAH en la SZH" ×
Sedimentos por pastos) [Ec 6.1.9]

- Aporte de sedimentos totales en la SZH = (Área de cultivos permanentes en la SZH ×
Sedimentos por permanentes) + (Área de cultivos transitorios en la SZH ×
Sedimentos por transitorios) + (Área de pastos en la SZH × Sedimentos por pastos)
[Ec 6.1.10]

2. Variables Constantes:

- Empleo por km navegable en la SZH = 0 [Ec 6.2.1]

- Afectación profundidad debido al caudal en la SZH = 0 [Ec 6.2.2]

- Tasa de afectación por hidroeléctricas en la SZH = 0 [Ec 6.2.3]

- Sedimentos aportados por SZH = 0 [Ec 6.2.4]

- Potenciabilidad debido al caudal en la SZH = 0 [Ec 6.2.5]

- ICA por volumen navegable en la SZH = 0 [Ec 6.2.6]

- Mejora en costos asociados al transporte en la SZH = 0 [Ec 6.2.7]

- Carga contaminante asociada al riesgo de evento negativo en la SZH = 0 [Ec 6.2.8]

- Carga contaminante por carga transportada en la SZH = 0 [Ec 6.2.9]

- Probabilidad de riesgo de evento con impacto negativo en la SZH = 0 [Ec 6.2.10]

3. Variables de Nivel y sus Flujos:

- Empleo por actividad navegabilidad en la SZH = 0 +
 $\int_0^{37} (\text{Cambio de empleo navegabilidad en la SZH}) dt$ [Ec 6.3.1]

Cambio de empleo navegabilidad en la SZH = Empleo por km navegable en la SZH ×
Volumen transportado en la SZH [Ec 6.3.2]

- Kilómetros de río con potencial navegable en la SZH = 0 +
 \int_0^{37} (Cambio en potenciabilidad en la SZH) dt [Ec 6.3.3]

Cambio en potenciabilidad en la SZH = (MW demandados de energía en la SZH ×
Tasa de afectación por hidroeléctricas en la SZH +
Potenciabilidad debido al caudal en la SZH) [Ec 6.3.4]

- ICA captado por navegabilidad en la SZH = 0 +
 \int_0^{37} (Cambio del ICA por navegabilidad en la SZH) dt [Ec 6.3.5]

Cambio del ICA por navegabilidad en la SZH = ICA por volumen navegable en la SZH ×
Volumen transportado en la SZH [Ec 6.3.6]

- Costos de transporte en la SZH = 0 + \int_0^{37} (Cambio en costos en la SZH) dt [Ec 6.3.7]

Cambio en costos en la ZH = Costo por carga transportada en la SZH ×
Volumen transportado en la SZH [Ec 6.3.8]

- Caudal aportado por la subzona SZH = Conversión caudal en la SZH ×
Oferta hídrica disponible en la SZH × $\frac{\text{Oferta hídrica real en la SZH}}{\text{Oferta hídrica disponible en la SZH}}$
[Ec 6.3.9]

- Volumen de carga transporte fluvial en la SZH = 0 +
 \int_0^{37} (Volumen transportado en la SZH) dt [Ec 6.3.10]

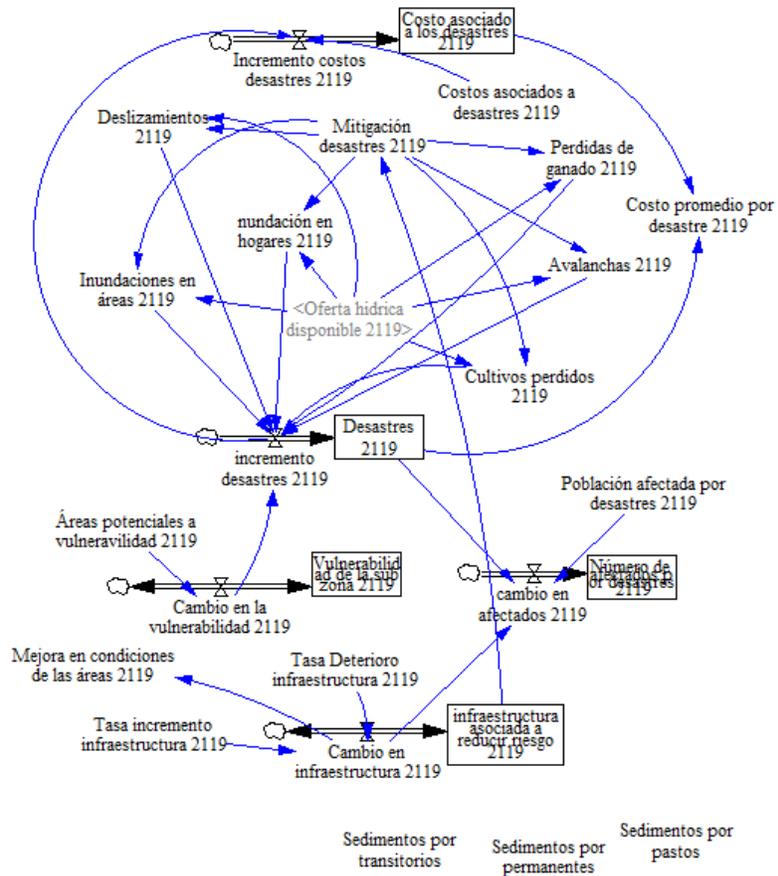
Volumen transportado en la SZH =
Kilómetros de río con potencial navegable en la SZH [Ec 6.3.11]

- Oferta hídrica disponible en la SZH = Oferta hídrica inicial en la SZH +
 \int_0^{37} (Flujo de recuperación en la SZH + Flujo externo a SZH –
Flujo de uso en la SZH) dt [Ec 6.3.12]

- MW demandados de energía en la SZH = 0 +
 \int_0^{37} (Cambio en MW en la SZH) dt [Ec 6.3.13]

- Costo por carga transportada en la SZH = 0 +
 \int_0^{37} (Costo por carga transportada en la SZH ×
Mejora en costos asociados al transporte en la SZH) dt [Ec 6.3.14]

3.12.1.7 Subsistema Riesgo:



A continuación se muestran las diferentes ecuaciones que exhiben la interacción entre variables dentro del Subsistema Riesgo:

1. Variables Auxiliares:

- Deslizamientos en la SZH =
 IF [(Mitigación de desastres en la SZH < Oferta hídrica disponible en la SZH)
 THEN(0)
 ELSE(1)] [Ec 7.1.1]
- Mitigación de desastres en la SZH = $1 \times$
 Infraestructura asociada a reducir riesgo en la SZH [Ec 7.1.2]
- Pérdidas de ganado en la SZH =
 IF [(Mitigación de desastres en la SZH < Oferta hídrica disponible en la SZH)
 THEN(0)
 ELSE(1)] [Ec 7.1.3]
- Inundación en hogares en la SZH =
 IF [(Mitigación de desastres en la SZH < Oferta hídrica disponible en la SZH)
 THEN(0)

ELSE(1)] [Ec 7.1.4]

- Avalanchas en la SZH =
IF [(Mitigación de desastres en la SZH < Oferta hídrica disponible en la SZH)
THEN(0)
ELSE(1)] [Ec 7.1.5]

- Costo promedio por desastre en la SZH = Desastres en la SZH ×
Costo asociado a los desastres en la SZH [Ec 7.1.6]

- Inundaciones en áreas en la SZH =
IF [(Mitigación de desastres en la SZH < Oferta hídrica disponible en la SZH)
THEN(0)
ELSE(1)] [Ec 7.1.7]

- Cultivos perdidos en la SZH =
IF [(Mitigación de desastres en la SZH < Oferta hídrica disponible en la SZH)
THEN(0)
ELSE(1)] [Ec 7.1.8]

- Mejora en condiciones de las áreas en las SZH = 0 ×
Cambio en infraestructura en la SZH [Ec 7.1.9]

2. Variables Constantes:

- Costos asociados a desastres en la SZH = 1 [Ec 7.2.1]
- Áreas potenciales a vulnerabilidad en la SZH = 0 [Ec 7.2.2]
- Tasa de incremento de infraestructura en la SZH = 0 [Ec 7.2.3]
- Tasa de deterioro de infraestructura en la SZH = 0 [Ec 7.2.4]
- Población afectada por desastres en la SZH = 0 [Ec 7.2.5]

3. Variables de Nivel y sus Flujos:

- Costo asociado a los desastres en la SZH = 2 +
 $\int_0^{37} (\text{Incremento de costos por desastres en la SZH}) dt$ [Ec 7.3.1]

Incremento de costos por desastres en la SZH =
Costos asociados a desastres en la SZH × Incremento de desastres en la SZH [Ec 7.3.2]

- Desastres en la SZH = 1000 + $\int_0^{37} (\text{Incremento de desastres en la SZH}) dt$ [Ec 7.3.3]

Incremento de desastres en la SZH = Avalanchas en la SZH +
Cultivos perdidos en la SZH + Deslizamientos en la SZH +

Inundaciones en áreas en las SZH + Inundación en hogares en las SZH +
Pérdidas de ganado en la SZH + Cambio en la vulnerabilidad en la SZH [Ec 7.3.4]

▪ Vulnerabilidad de la subzona SZH = $0 + \int_0^{37} (\text{Cambio en la vulnerabilidad en la SZH}) dt$ [Ec 7.3.5]

Cambio en la vulnerabilidad en la SZH =
Áreas potenciales a vulnerabilidad en la SZH [Ec 7.3.6]

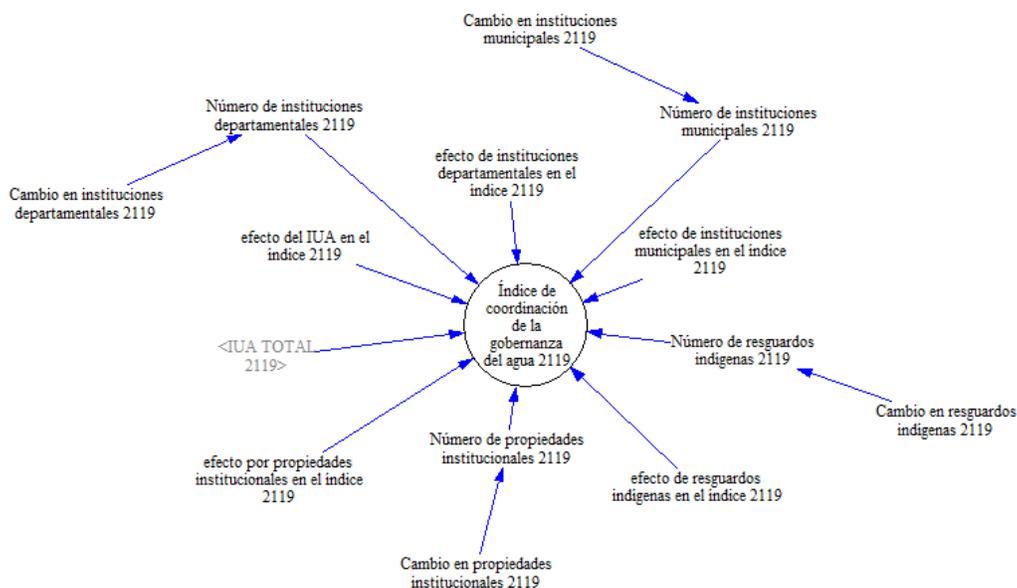
▪ Número de afectados por desastres en la SZH = $0 + \int_0^{37} (\text{Cambio en afectados en la SZH}) dt$ [Ec 7.3.7]

Cambio en afectados en la SZH = Cambio en infraestructura en la SZH ×
Población afectada por desastres en la SZH × Desastres en la SZH
[Ec 7.3.8]

▪ Infraestructura asociada a reducir riesgo en la SZH = $1 + \int_0^{37} (\text{Cambio en infraestructura en la SZH}) dt$ [Ec 7.3.9]

Cambio en infraestructura en la SZH =
Tasa de deterioro de infraestructura en la SZH ×
Tasa de incremento de infraestructura en la SZH [Ec 7.3.10]

3.12.1.8 Subsistema Socio Político:



A continuación se muestran las diferentes ecuaciones que exhiben la interacción entre variables dentro del Subsistema Socio Político:

1. Variables Auxiliares:

- Índice de coordinación de la gobernanza del agua en la SZH =
 (Efecto de instituciones departamentales en el índice en la SZH ×
 Número de instituciones departamentales en la SZH) +
 (Efecto de instituciones municipales en el índice en la SZH ×
 Número de instituciones municipales en la SZH) +
 (Efecto de resguardos indígenas en el índice en la SZH ×
 Número de resguardos indígenas en la SZH) + (Efecto del IUA en el índice en la SZH ×
 IUA total en la SZH) + (Efecto por propiedades institucionales en el índice en la SZH ×
 Número de propiedades institucionales en la SZH) [Ec 8.1.1]

- IUA total en la SZH = IUA agropecuario en la SZH + IUA doméstico en la SZH +
 IUA industrial en la SZH [Ec 8.1.2]

2. Variables Constantes:

- Cambio en instituciones departamentales en la SZH = 0 [Ec 8.2.1]

- Cambio en resguardos indígenas en la SZH = 0 [Ec 8.2.2]

- Cambio en instituciones municipales en la SZH = 0 [Ec 8.2.3]

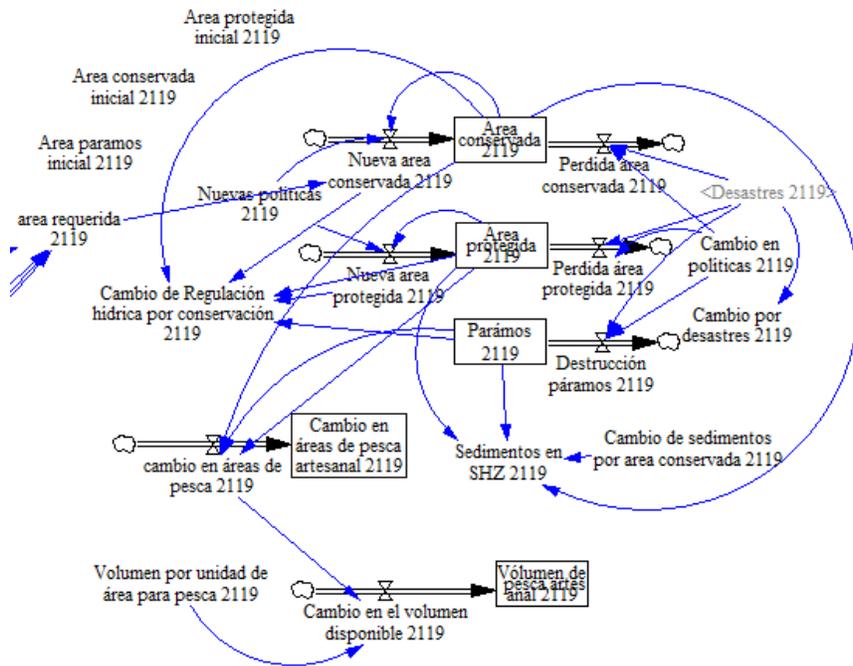
- Cambio en propiedades institucionales en la SZH = 0 [Ec 8.2.4]

- Efecto de instituciones departamentales en el índice en la SZH = 0 [Ec 8.2.5]

- Efecto del IUA en el índice en la SZH = 0 [Ec 8.2.6]

- Efecto por propiedades institucionales en el índice en la SZH = 0 [Ec 8.2.7]
 - Efecto de instituciones municipales en el índice en la SZH = 0 [Ec 8.2.8]
 - Efecto de resguardos indígenas en el índice en la SZH = 0 [Ec 8.2.9]
3. Variables de Nivel y sus Flujos:
- Número de instituciones departamentales en la SZH = 0 + \int_0^{37} (Número de instituciones departamentales en la SZH × Cambio en instituciones departamentales en la SZH) dt [Ec 8.3.10]
 - Número de resguardos indígenas en la SZH = 0 + \int_0^{37} (Número de resguardos indígenas en la SZH × Cambio en resguardos indígenas en la SZH) dt [Ec 8.3.11]
 - Número de instituciones municipales en la SZH = 0 + \int_0^{37} (Número de instituciones municipales en la SZH × Cambio en instituciones municipales en la SZH) dt [Ec 8.3.12]
 - Número de propiedades institucionales en la SZH = 0 + \int_0^{37} (Número de propiedades institucionales en la SZH × Cambio en propiedades institucionales en la SZH) dt [Ec 8.3.13]

3.12.1.9 Subsistema Conservación:



A continuación se muestran las diferentes ecuaciones que exhiben la interacción entre variables dentro del Subsistema Conservación:

- Nuevas políticas en la SZH: INTERPOLATE: :=
GET XLS DATA('datos_SHZ.xlsx', 'cambio cobertura', '1', 'B60') [Ec 9.0.1]

- 1. Variables Auxiliares:
 - Área protegida inicial en la SZH =
GET XLS CONSTANTS('datos_SHZ.xlsx', 'datos', 'AC60') [Ec 9.1.1]

 - Área conservada inicial en la SZH =
GET XLS CONSTANTS('datos_SHZ.xlsx', 'datos', 'AB60') [Ec 9.1.2]

 - Área páramos inicial en la SZH =
GET XLS CONSTANTS('datos_SHZ.xlsx', 'datos', 'AD60') [Ec 9.1.3]

 - Sedimentos en la SHZ = (Área conservada en la SZH + Área protegida en la SZH +
Parámos en la SZH) × Cambio de sedimentos por área conservada en la SZH [Ec 9.1.4]

 - Área requerida en la SZH =
IF [(Área de pastos en las SZH - Pasto total requerido en la SZH ≥ 0)
THEN(0)
ELSE(-(Crecimiento poblacional en la SZH × Demanda de área carne por persona en la SZH
))] [Ec 9.1.5]

 - Cambio de regulación hídrica por conservación en la SZH =

IF [(Área conservada en la SZH = 0) & (Área protegida en la SZH = 0))
THEN(0)
ELSE(IF[(Área conservada en la SZH = 0) & (Área protegida en la SZH ≠ 0))
THEN (0 + ($\frac{\text{Nueva área protegida en la SZH}}{\text{Área protegida en la SZH}}$) + Parámos en la SZH × 0)
ELSE(IF[(Área conservada en la SZH ≠ 0) & (Área protegida en la SZH = 0)
THEN(0)
ELSE ($\frac{\text{Nueva área conservada en la SZH}}{\text{Área conservada en la SZH}}$ + (0) + Parámos en la SZH × 0)
)))] [Ec 9.1.6]

- 2. Variables Constantes:
 - Cambio en políticas en la SZH = 0 [Ec 9.2.1]

 - Cambio por desastres en la SZH = 0 × Desastres en la SZH [Ec 9.2.2]

 - Cambio de sedimentos por área conservada en la SZH = 0 [Ec 9.2.3]

 - Volumen por unidad de área para pesca en la SZH = 0 [Ec 9.2.4]

3. Variables de Nivel y sus Flujos:

- Área conservada en la SZH = Área conservada inicial en la SZH +
 $\int_0^{37} (\text{Nueva área conservada en la SZH} - \text{Pérdida de área conservada en la SZH}) dt$ [Ec 9.3.1]

Nueva área conservada en la SZH = Área conservada en la SZH ×
Nuevas políticas en la SZH + Área requerida en la SZH
[Ec 9.3.2]

Pérdida de área conservada en la SZH = Cambio en políticas en la SZH ×
Desastres en la SZH × 0 [Ec 9.3.3]
- Área protegida en la SZH = Área protegida inicial en la SZH +
 $\int_0^{37} (\text{Nueva área protegida en la SZH} - \text{Pérdida de área protegida en la SZH}) dt$ [Ec 9.3.4]

Nueva área protegida en la SZH = Área protegida en la SZH ×
Nuevas políticas en la SZH [Ec 9.3.5]

Pérdida de área protegida en la SZH = Cambio en políticas en la SZH ×
Desastres en la SZH × 0 [Ec 9.3.6]
- Parámos en la SZH = Área inicial páramos en la SZH +
 $\int_0^{37} (-\text{Destrucción de páramos en la SZH}) dt$ [Ec 9.3.7]

Destrucción de páramos en la SZH = Cambio en políticas en la SZH +
Desastres en la SZH [Ec 9.3.8]
- Cambio en áreas de pesca artesanal en la SZH = 0 +
 $\int_0^{37} (\text{Cambio en áreas de pesca en la SZH}) dt$ [Ec 9.3.9]

Cambio en áreas de pesca en la SZH = Área conservada en la SZH ×
Área protegida en la SZH × Parámos en la SZH
[Ec 9.3.10]
- Volumen de pesca artesanal en la SZH = 0 +
 $\int_0^{37} (\text{Cambio en el volumen disponible en la SZH}) dt$ [Ec 9.3.11]

Cambio en el volumen disponible en la SZH = Cambio en áreas de pesca en la SZH ×
Volumen por unidad de área para pesca en la SZH × 0 [Ec 9.3.12]

