

# Valoración del servicio ecosistémico de provisión de agua hacia diferentes sectores con relación a la Cuenca del Río Sinú - Parque Nacional Natural Paramillo

Subdirección de Sostenibilidad y Negocios Ambientales



Presentado por:

**MIGUEL ÁNGEL BEDOYA PANIAGUA**



# Valoración del servicio ecosistémico de provisión de agua hacia diferentes sectores con relación a la Cuenca del Río Sinú – Parque Nacional Natural Paramillo



MINAMBIENTE



**INFORME SOBRE VALORACIÓN DEL SERVICIO ECOSISTÉMICO DE LA CUENCA DEL RÍO  
SINÚ – PARQUE NACIONAL NATURAL PARAMILLO**

**PRESENTADO POR:**

**MIGUEL ÁNGEL BEDOYA PANIAGUA**

**SUBDIRECCIÓN DE SOSTENIBILIDAD Y NEGOCIOS AMBIENTALES**

**CON EL APOYO DE:**

**INÉS CONCEPCIÓN SANCHEZ RODRIGUEZ**

**SUBDIRECCIÓN DE GESTIÓN Y MANEJO DE ÁREAS PROTEGIDAS**

**CARLOS VIDAL PASTRANA**

**ANTONIO MATINEZ NEGRETE**

**ALBA MOSQUERA AYALA**

**PARQUE NACIONAL NATURAL PARAMILLO**

**JAIR MENDOZA ALDANA**

**DIRECCIÓN TERRITORIAL CARIBE**

**PARQUES NACIONALES NATURALES DE COLOMBIA**

**BOGOTÁ D.C.**

**2016**

## Contenido

1	RESUMEN.....	6
2	INTRODUCCIÓN.....	7
3	MARCO METODOLÓGICO DE LA VALORACIÓN.....	8
3.1	Distritos de Riego y sector doméstico.....	8
3.2	Sector hidroeléctrico.....	9
3.2.1	Información Utilizada.....	10
4	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	14
4.1	Cuenca del Río Sinú Parque Nacional Natural Paramillo.....	14
4.2	Sectorización de la Cuenca.....	14
4.2.1	Municipios con participación en la Cuenca del Río Sinú:.....	16
4.3	Caracterización económica de los municipios relacionados con la cuenca.....	19
5	Identificación de actores.....	22
5.1	Coberturas que ejercen presión en la Cuenca Alta del Río Sinú.....	22
5.2	Central hidroeléctrica de Urrá 1.....	24
5.3	Distritos de Riego.....	24
5.3.1	Distrito de Riego Mocarí-Montería.....	25
5.3.2	Distrito de Riego La Doctrina.....	26
5.3.3	Zonas con Potencial para el desarrollo de Distritos de Riego y Drenaje.....	27
5.4	Mapa de Tierras de la Agencia Nacional de Hidrocarburos para la Cuenca del Río Sinú .	31
6	Análisis económico del valor agregado a la economía.....	34
6.1	Actividades agropecuarias.....	34
6.1.1	Zonificación del valor económico de las coberturas agropecuarias en la cuenca.....	36
7	Demanda del Recurso Hídrico por diferentes sectores.....	39
7.1	Uso doméstico.....	39
7.2	Demanda de agua para distritos de Riego.....	40
8	Resultados de la Valoración del recurso hídrico.....	41
8.1	Uso doméstico.....	41
8.2	Valor del recurso hídrico asociado a los distritos de riego.....	42
8.3	Valoración del recurso hídrico para el sector hidroeléctrico.....	43
8.3.1	Caracterización del servicio ecosistémico de provisión de agua.....	43
8.3.2	Calculo de la energía transformada por la subcuenca.....	46

8.3.3	Valoración económica del recurso hídrico CARS .....	46
9	Conclusiones y recomendaciones. ....	51
10	Bibliografía.....	53

## Índice de tablas

Tabla 1.	Descripción de la información necesaria para el cálculo de la demanda de agua en la zona de estudio. ....	12
Tabla 2	Información necesaria para transformación de la energía del flujo de agua desde la cuenca hasta el embalse.....	13
Tabla 3	Índice de pobreza multidimensional para los municipios con relación a la Cuenca del Río Sinú. ....	20
Tabla 4.	Coberturas presentes en la Cuenca Alta del Río Sinú. ....	23
Tabla 5.	Área de la cuenca del Río Sinú aportante al embalse, al interior y por fuera del PNN Paramillo. ....	24
Tabla 6.	Condiciones de suelos con potencial para Distritos de Riego y Drenaje en la Cuenca Media. ....	29
Tabla 7.	Condiciones de suelos con potencial para Distritos de Riego y Drenaje en la Cuenca Baja. ....	30
Tabla 8.	Estado de proyectos Mapa Tierras ANH, Cuenca del Río Sinú. ....	33
Tabla 9.	Valor agregado por ramas de actividad Analizadas con base en las Cuentas Nacionales para el Departamento de Córdoba.....	35
Tabla 10.	Valor agregado a la economía por actividades agropecuarias para cada parte de la cuenca en millones de pesos anuales.....	38
Tabla 11.	Municipios beneficiarios del recurso hídrico del Río Sinú. ....	39
Tabla 12.	Distritos de riego que se surten del agua del Río Sinú. ....	40
Tabla 13.	Aporte económico del recurso hídrico del Río Sinú, hacia el uso doméstico. ....	41
Tabla 14.	Aporte económico del recurso hídrico del Río Sinú para los distritos de riego.....	43
Tabla 15.	Aportes al caudal de las fuentes hídricas del PNN Paramillo que surten al embalse de Urrá. ....	46

## Índice de gráficos.

Gráfico 1.	Fotografía Distrito de Riego Mocarí – Montería.....	26
Gráfico 2.	Esquema general para el cálculo del valor agregado a la economía regional por actividades agropecuarias. ....	34
Gráfico 3.	Valor económico del recurso hídrico atribuible a cada subcuenca por la cantidad de agua producida para la transformación de energía eléctrica. ....	49

## Índice de mapas.

Mapa 1. Ubicación Zona hidrográfica del Río Sinú.....	15
Mapa 2. Cuenca Alta del Río Sinú.....	16
Mapa 3. Cuenca Media del Río Sinú.....	18
Mapa 4. Cuenca Baja del Río Sinú.....	19
Mapa 5. Coberturas de la tierra para la Cuenca Alta del Río Sinú.....	22
Mapa 6. Ubicación general Distrito de Riego Mocarí – Montería.....	25
Mapa 7. Ubicación general Distrito de Riego La Doctrina.....	27
Mapa 8. Zonas con potencial para Distritos de Riego y Drenaje en la Cuenca Alta del Río Sinú.....	28
Mapa 9. Zonas con potencial para Distritos de Riego y Drenaje en la Cuenca Media del Río Sinú.....	29
Mapa 10. Zonas con potencial para Distritos de Riego y Drenaje en la Cuenca Baja del Río Sinú.....	30
Mapa 11. Proyectos de hidrocarburos para la Cuenca del Río Sinú.....	32
Mapa 12. Valores económicos de las coberturas y usos del suelo relacionados con actividades agropecuarias en la Cuenca Alta del Río Sinú.....	36
Mapa 13. Valores económicos de las coberturas y usos del suelo relacionados con actividades agropecuarias en la Cuenca Media del Río Sinú.....	37
Mapa 14. Valores económicos de las coberturas y usos del suelo relacionados con actividades agropecuarias en la Cuenca Baja del Río Sinú.....	38
Mapa 15. Distribución de la oferta hídrica en condiciones de año medio CARS.....	44
Mapa 16. Producción de agua en año medio (m <sup>3</sup> /ha) para las subcuencas aportantes al embalse de Urrá.....	45
Mapa 17. Cantidad de energía media anual atribuible a cada subcuenca por la cantidad de agua producida.....	48

## **1 RESUMEN.**

En articulación entre la Subdirección de Sostenibilidad y Negocios Ambientales, la Subdirección de Gestión y Manejo, el Parque Nacional Natural Paramillo y la DTCA, se desarrolló un ejercicio de valoración del recurso hídrico para la Cuenca del Río Sinú, con el fin de consolidar argumentos sobre la importancia del recurso hídrico de la Cuenca del Río Sinú, que nace en el PNN Paramillo. Bajo este propósito, se consideró el servicio ecosistémico de provisión de agua y su valoración ecológica y económica hacia los sectores beneficiarios de agricultura, ganadería, distritos de riego y el sector hidroeléctrico.

Como parte de la valoración se realizó una modelación hidrológica para determinar el aporte del parque en términos de su oferta hídrica. Así mismo se analizó la demanda de agua para esta cuenca a partir de la información del Plan de Manejo del Parque y el POMCA del Río Sinú. Lo anterior con el propósito de establecer medidas monetarias de valor asociadas al recurso hídrico de esta cuenca relacionados con el beneficio económico que representa para sectores estratégicos el servicio ecosistémico de provisión de agua.

Con base en lo anterior se presenta un marco metodológico de la valoración biofísica y monetaria, así como la identificación de actores, la cual se considera como insumo para el análisis de la demanda hídrica. De esta forma se obtienen los elementos base para la aproximación de los beneficios monetarios de diferentes sectores estratégicos por el recurso hídrico que brinda el área protegida, como elementos base que permiten avanzar en la apropiación, reconocimiento y negociación de los servicios ecosistémicos como una manera de identificar, establecer, estrategias o alianzas, para favorecer la sostenibilidad financiera del A.P.

## 2 INTRODUCCIÓN.

En las últimas décadas se han presentado avances en el abordaje, discusión e inclusión del reconocimiento de los servicios ecosistémicos (S.E.), entiendo dichos servicios como aquellos suministrados por el medio ambiente, a partir de sus funciones ecológicas las cuales brindan elementos como el suelo, plantas, animales, aire, entre otros, que nosotros valoramos. (Finlayson, C., & D' Cruz, R. 2005).

A pesar de lo anterior, en muchos casos existen limitaciones en el reconocimiento del valor de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, lo cual favorece que al momento de la toma de decisiones sobre el territorio se primen aquellas acciones que generan beneficios económicos tangibles a corto plazo. Es entonces como al no contar con elementos o argumentos de valor asociados a los ecosistemas, se presenta lo que se conoce como “Invisibilidad económica de la naturaleza”, concepto abordado por Pavan Sukhdev a partir de la evaluación de los ecosistemas del milenio (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Esta invisibilidad representa entonces el desconocimiento de la contribución de la biodiversidad y los S.E. al desarrollo económico y social.

Una de las alternativas para fortalecer el reconocimiento de la importancia de los S.E. consiste en su valoración hacia los diferentes sectores beneficiarios, a fin de identificar como los mismos se están beneficiando de dichos servicios. Es entonces como a partir de la valoración se asignan medidas monetarias, ecológicas y sociales hacia los servicios ecosistémicos.

Con base en lo anterior, el presente trabajo aborda una valoración del servicio ecosistémico de provisión de agua en la Cuenca del Río Sinú – Parque Nacional Natural Paramillo, el cual provee importantes servicios ecosistémicos que son fundamentales para el desarrollo económico y social no solo del departamento de Córdoba, sino también por el efecto multiplicador que se obtiene por la generación de energía eléctrica que fortalece la confiabilidad del sistema eléctrico de la costa Atlántica. Por esta razón es necesario que las comunidades, sectores y demás beneficiarios consideren un conocimiento más profundo, valoración y apropiación de los servicios ecosistémicos que presta el área protegida.

De esta forma, con el interés de reflejar un reconocimiento del beneficio para diferentes sectores del área protegida, se abordó una valoración del servicio ecosistémico de provisión de agua con relación a sectores clave y partes interesadas que ejercen influencia o se benefician de la existencia del Parque. Dicha valoración se enfoca en diferentes formas de lenguaje como términos monetarios, biofísicos y sociales, con el propósito de generar argumentos y bases para la apropiación, reconocimiento y negociación de los servicios ecosistémicos como una manera de identificar, establecer, estrategias o alianzas, para favorecer la sostenibilidad financiera del A.P.

En este sentido, el ejercicio de valoración presenta en primera instancia el marco metodológico considerado, así como la descripción del área de estudio. Seguidamente se presenta la identificación de actores y la demanda hídrica en la cuenca, para finalmente abordar los resultados obtenidos de la valoración del recurso hídrico junto con las conclusiones y recomendaciones.

### 3 MARCO METODOLÓGICO DE LA VALORACIÓN.

La valoración del recurso hídrico se aborda con base en los sectores priorizados, los cuales se benefician significativamente del uso directo que hacen del Río Sinú para el desarrollo de sus actividades, como es el caso del sector agropecuario, los Distritos de Riego y el sector hidroeléctrico, con el fin de obtener diferentes medidas de valor, tanto ecológicas como económicas relacionadas con el beneficio de estos sectores por el servicio ecosistémicos de esta fuente hídrica cuyo nacimiento se presenta al interior del Parque Nacional Natural Paramillo. En este orden de ideas se presenta en mayor detalle la metodología utilizada para los sectores analizados.

#### 3.1 Distritos de Riego y sector doméstico.

La valoración del recurso hídrico en este sector se presenta para los cultivos de Maíz, teniendo en cuenta que este cultivo es el más representativo actualmente para los Distritos de Riego de Mocarí-Montería y La Doctrina, de acuerdo con la información del plan de manejo del Parque.

A partir de la información de la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Río Sinú y San Jorge (CVS), con relación a cobro de las tasas por el cobro de las tasas por utilización de aguas, se consideran los pagos por este concepto como una medida del valor económico del recurso hídrico a precios de mercado para los años 2014 y 2015. Para este fin se calcula el valor de la tasa aplicando la siguiente ecuación:

$$TUA = TM * FR \quad [1]$$

Donde, TUA corresponde a la tasa por uso de agua, TM corresponde a la tarifa mínima y FR al factor regional. Para el presente caso, de acuerdo con la información disponible se tiene un valor de tarifa mínima de  $0.75 \text{ m}^3 * \text{s}^{-1}$  y un valor de factor regional del 1.

Finalmente se obtiene una aproximación al valor económico del recurso hídrico del Río Sinú, al multiplicar la tasa por uso de agua por el volumen total captado en m<sup>3</sup>.

### 3.2 Sector hidroeléctrico.

Uno de los usos más importantes y representativos del recurso hídrico del Río Sinú, corresponde a transformación de energía eléctrica, a partir de la operación del embalse de Urrá, el cual se beneficia del agua proveniente de la Cuenca Alta del Río Sinú (CARS) para el desarrollo de su actividad. Teniendo esto en cuenta, la valoración del recurso hídrico considera una modelación hidrológica con la cual se obtiene la oferta hídrica de las Subcuencas aportantes al embalse, así como el cálculo de la energía transformada por el recurso hídrico del parque, para finalmente obtener un valor presente del beneficio económico de la empresa por el uso del recurso hídrico proveniente del agua del área protegida y su transformación en energía eléctrica. Para este propósito se utilizó la herramienta InVEST (Valoración Integrada de Servicios Ecosistémicos y Costos de Oportunidad), desarrollada por el proyecto de Capital Natural.

Con base en lo anterior se calcula el aporte del parque en términos de oferta hídrica y la cantidad de energía transformada, así como el valor de esta energía durante la vida útil de la represa considerando las contribuciones relativas de agua de diferentes partes de un paisaje, ofreciendo una idea sobre como los cambios en los patrones de las coberturas y usos de la tierra afectan la producción anual de agua superficial y la cantidad de energía eléctrica (Sharp, y otros, 2015).

Para la cuantificación de la oferta hídrica se aplicó el método del balance hídrico bajo la plataforma de InVEST, partiendo de la resta a escala anual entre la precipitación (entrada) y la evapotranspiración (salida) sin diferenciar los interflujos en el suelo. En efecto, este es conocido como el enfoque de Budyko, 1958, en el que se resalta que estas dos son los componentes más importantes para analizar la hidrología de una cuenca.

El modelo utilizado considera tanto la producción de energía hidroeléctrica como el valor del servicio ecosistémico de aprovisionamiento de agua conforme la oferta de agua disponible para la represa. La valoración monetaria considera el valor presente de las utilidades por concepto de la venta de energía para el tiempo de vida útil de la represa.

Luego de considerar la oferta hídrica menos los consumos de agua para usos no hidroeléctricos es posible atribuir la cantidad de producción de energía al rendimiento hídrico de las Subcuencas.

La energía hidroeléctrica calculada se basa en la siguiente ecuación:

$$\varepsilon_d = 0.00272 * \beta * \gamma_d * h_d * V_{in} \quad [2]$$

Donde:

$\varepsilon_d$ : Producción de energía hidroeléctrica (kW/h)

$\beta$ : Eficiencia de la turbina (%)

$\gamma_d$ : % del caudal usado para la producción de energía.

$h_d$ : Altura del agua detrás de la presa en la turbina (m)

$V_{in}$ : Oferta hídrica disponible para generación de energía (Producción de agua – Consumo para usos no hidroeléctricos).

Dado que la energía eléctrica se mide normalmente en kilovatios-hora, el  $p_d$  se multiplica por el número de horas en un año.

Para convertir la producción de energía hidroeléctrica anual generada en la represa, a un valor presente (VP) de energía se considera la siguiente ecuación:

$$NPVH_d = (p_e \varepsilon_d - TC_d) * \sum_{t=0}^{T-1} \frac{1}{(1+r)^t} \quad [3]$$

Donde:

$TC_d$ : Costos anuales de operación y mantenimiento de la represa.

$p_e$ : Precio de producción por kW/h.

$T$ : Año considerado para el cálculo del valor actual. ( $T - 1$ )

$r$ : Tasa de descuento.

El modelo asume que los costos anuales de operación y mantenimiento de la represa, el precio de producción y la Producción de energía hidroeléctrica (kW/h), son constantes en el tiempo.

La producción de energía se atribuye a cada Subcuenca de la siguiente manera:

$$\varepsilon_x = (T_d \varepsilon_d) * \left( \frac{C_x}{C_{tot}} \right) \quad [4]$$

Donde  $(T_d \varepsilon_d)$  representa la producción la producción de electricidad para los años restantes de vida útil de la represa y  $\left( \frac{C_x}{C_{tot}} \right)$  representa la proporción del volumen de agua que se utiliza para la producción de energía hidroeléctrica que viene de una Subcuenca<sub>x</sub> con relación al volumen total de agua para toda la cuenca.

### 3.2.1 Información Utilizada.

#### 3.2.1.1 Cálculo de la oferta hídrica.

Para la consolidación de los insumos necesarios para la aplicación del balance hídrico anual se usó la información del Estudio Departamental de suelos de Antioquia y Córdoba desarrollado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), con base en estos estudios se deduce la clase textura, se calcula la fracción de agua disponible para las plantas por medio de un promedio ponderado de acuerdo con la participación porcentual de cada perfil en la unidad de suelo. Así mismo se estima la

profundidad efectiva del suelo que indica al modelo el nivel máximo para el cual la penetración de las raíces de las plantas es inhibida por las características físicas o químicas del suelo, a partir del valor máximo de los perfiles de suelo por cada unidad cartográfica para obtener un único valor que finalmente se representa en una capa raster que entra como insumo al modelo.

La cobertura del suelo, le indica a la herramienta las características de uso e intercambio de humedad mediante la evapotranspiración de las plantas en la cuenca, que para este caso se generalizó mediante cultivos de Yuca y Maíz, después de confirmar que son los de mayor representación en la cuenca, para ello se utilizó la Leyenda Nacional de Coberturas 2005-2009 y el coeficiente del cultivo (Kc) se dedujo de la información de las guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos presentadas por (FAO, 2006).

Por su parte, los datos de precipitación y evapotranspiración potencial fueron deducidos con base en la información del Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC,) y el IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales); la cobertura de precipitación corresponde a los valores reportados en el mapa “Precipitación Total Anual” del IDEAM mientras que la evapotranspiración potencial se calculó conforme la metodología de Thornthwaite, con base en la información de la red de estaciones meteorológicas de referencia del IDEAM que miden temperatura, mediante una interpolación mes a mes, hasta obtener el valor total anual; los resultados de este análisis se sometieron a una validación cruzada para detectar el mejor método de interpolación de la temperatura media, entre los escogidos para este trabajo: Kriging - Gaussiano, CoKriging – Esférico y Cokriging – Gaussiano, como estadístico se seleccionó el valor del Error cuadrático medio (ECM), no obstante se reconoce que la calidad de la información suministrada se ve opacada por la deficiencia de la disponibilidad de estaciones ubicadas al interior de la cuenca. Teniendo en cuenta estas limitaciones, los resultados de la validación cruzada indicaron que el método de Cokriging – Gaussiano tienen el menor error en la interpolación de la variable temperatura con un ECM de 3,9°C.

### **3.2.1.2 Demanda de usos consuntivos.**

Para el cálculo de la demanda de agua para uso antrópico se consideró una aproximación para las actividades que representan algún tipo de consumo de agua, de acuerdo con la Leyenda Nacional de Coberturas Corine Land Cover en la CARS; para lo cual se analiza la demanda media anual de agua para uso agropecuario, doméstico y para plantaciones forestales. En la siguiente tabla se presenta la descripción y fuente de la información obtenida para este análisis.

Tabla 1. Descripción de la información necesaria para el cálculo de la demanda de agua en la zona de estudio.

Uso	Descripción - Fuente
Pecuario	<p>Se obtienen las cabezas de ganado promedio por hectárea de acuerdo con el inventario bovino del ICA y las áreas para uso pecuario presentadas en la Encuesta Nacional Agropecuaria para los periodos de 2007 a 2014 en el Departamento de Córdoba, dicho calculo arroja un valor promedio de 1,31 cabezas de ganado promedio por hectárea; Así mismo se consideran los valores medios de consumo de agua anual por cabeza de ganado obtenidos del Estudio Nacional del Agua (IDEAM, 2010) que corresponden a 40 litros al día por cabeza, para finalmente obtener un valor promedio de consumo de agua de 19,13 m<sup>3</sup>/ha para las coberturas con uso pecuario dispuestas en la Leyenda Nacional de Coberturas Corine Land Cover para el área de estudio</p>
Agrícola	<p>La demanda de uso agrícola considera los cultivos más representativos del Municipio de Tierralta Córdoba, de acuerdo con la información general dispuesta en su página web (<a href="http://www.tierralta-cordoba.gov.co/informacion_general.shtml">http://www.tierralta-cordoba.gov.co/informacion_general.shtml</a>), en la cual se señalan los cultivos de arroz, maíz y yuca; adicionalmente se considera el cultivo de café por presentarse en las coberturas para la SZH. En este sentido se usan los valores de demanda de agua para estos cultivos, presentándose las siguientes cifras:</p> <p>Para café se obtuvo un consumo promedio de 1746,87 m<sup>3</sup>/ha, para arroz 57283,37 m<sup>3</sup>/ha, para maíz 1099,63 m<sup>3</sup>/ha. y para yuca 2497,62 m<sup>3</sup>/ha. (IDEAM, 2010)</p>
Domestico	<p>Para este uso se considera la densidad poblacional del área rural del municipio de Tierralta Córdoba (0,23 habitantes/hectárea), y la dotación neta de agua por persona anual para clima cálido (180 Litros por habitante al día) de acuerdo con el Plan de ordenamiento y Manejo de la Cuenca Aportante POMCA del Río Sinú (CVS, 2005)</p>
Plantaciones Forestales	<p>Se considera la demanda para este uso al presentarse una cobertura de plantaciones forestales para la SZH. De esta forma se usa el valor anual de demanda de agua para bosques plantados de 4.363,16 m<sup>3</sup>/ha, de acuerdo con la información registrada en el ENA, 2010.</p>

### 3.2.1.3 Oferta energética y valoración económica.

La información necesaria y su fuente para el cálculo de la energía transformada y la valoración económica se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 2 Información necesaria para transformación de la energía del flujo de agua desde la cuenca hasta el embalse.

Nombre	Descripción/Fuente
Eficiencia de las turbinas	Representa la eficiencia con que las turbinas convierten el agua del embalse en electricidad. El valor proporcionado por la hidroeléctrica de Urrá corresponde a 87,5%.
Fracción de agua usada para la producción de energía	Este valor corresponde al porcentaje del caudal promedio anual que se usa para producir energía. El valor proporcionado por la hidroeléctrica de Urrá corresponde a 99%.
Altura de la columna de agua en la captación.	El nivel del embalse varía entre 32.9 y 54.4 metros de la columna de agua / De acuerdo con la información técnica de la empresa obtenida de (Vélez, 2009).
Precio de venta de 1 kWh	Este valor se obtuvo dividiendo los ingresos presentados en informes contables de la entidad entre la cantidad de energía producida para los años 2013, 2014 y 2015 presentados en el SIEL - Sistema de Información Eléctrico Colombiano. Finalmente se obtuvo un valor promedio de $271.44 \$ * kWh^{-1}$
Costos de operación y mantenimiento	Estos costos se obtuvieron de los informes contables de la empresa para los años 2013, 2014 y 2015.
Tiempo estimado de los embalses	La vida útil del embalse es de 50 años, de acuerdo (URRÁ). Teniendo en cuenta que los cálculos son a 2015 se consideran 35 años de vida útil restante del embalse.
Tasa de descuento	Se acoge la propuesta por el Departamento Nacional de Planeación de acuerdo con (CEPAL, 2006 (12%), sin embargo, es posible considerar otras tasas de descuento como análisis de sensibilidad.

## **4 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.**

### **4.1 Cuenca del Río Sinú Parque Nacional Natural Paramillo.**

La Cuenca del Río Sinú se ubica al Noroeste de Colombia, específicamente al suroccidente de la Región del Caribe Colombiano, formando parte de los departamentos de Antioquia, Córdoba y Sucre (Ilustración 1). En términos geográficos limita al norte con el Mar Caribe, al Oriente con la Serranía de San Jerónimo, Jerónimo, al Occidente con la Serranía de Abibe y al Sur con el Nudo del Paramillo (CVS, 2006).

La fuente hídrica tiene su nacimiento al interior del Parque Nacional Natural Paramillo, en el cual se genera cerca del 75% de su caudal. (PNN, 2013) . Sus principales afluentes son los ríos Verde, Esmeralda, Manso y Tigre. La superficie estimada de la cuenca es de 1.401.068,6 hectáreas de las cuales 397.069,1 hectáreas (28,3%) están protegidas al interior del Parque. El Río Sinú aporta el 95% del recurso hídrico que abastece el embalse de URRRA, por lo tanto, su operación energética depende de las aguas producidas en el PNN Paramillo.

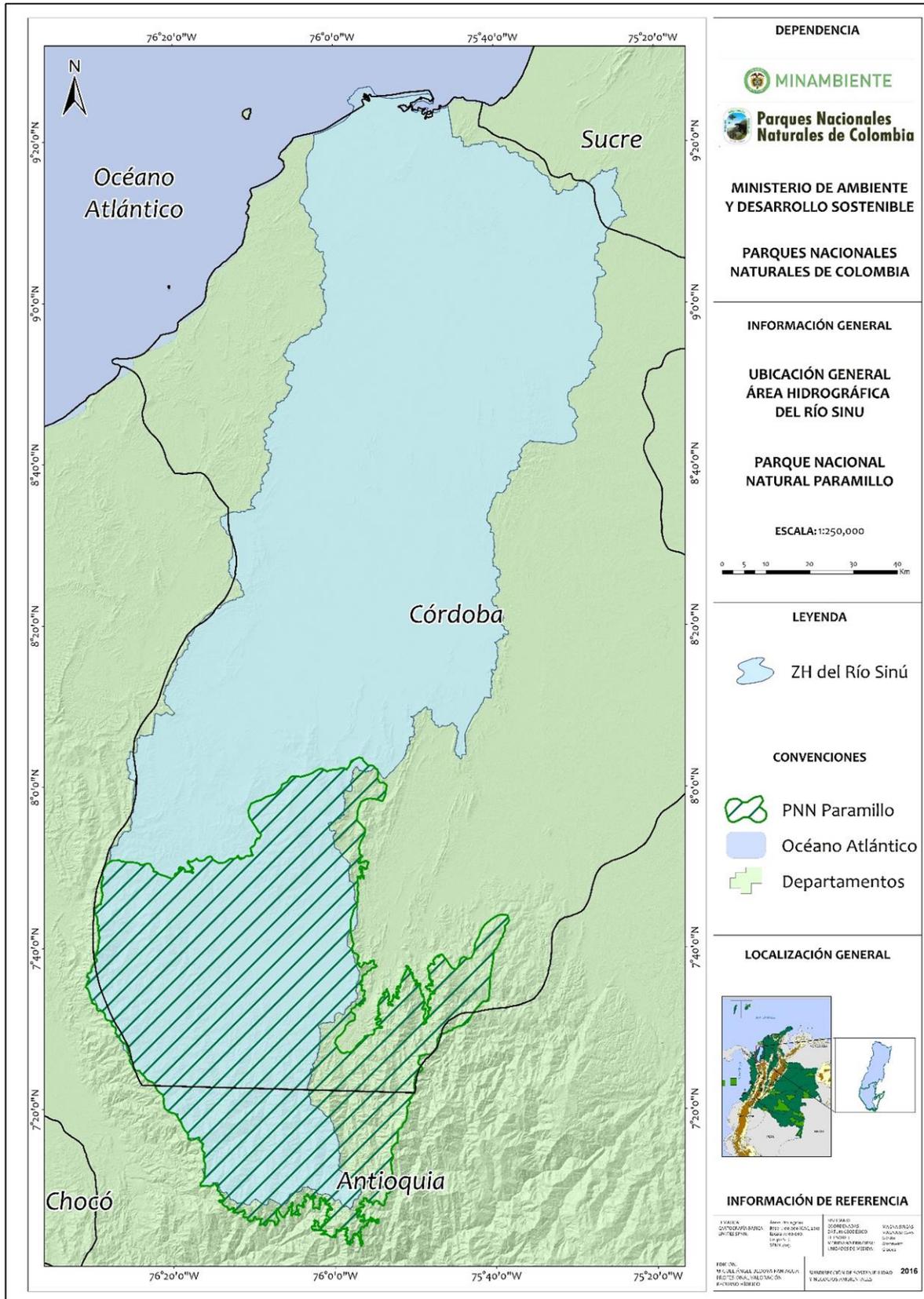
Con relación a la extensión de la cuenca, el 93% corresponde al Departamento de Córdoba, el 6% al Departamento de Antioquia y el 1% al Departamento de Sucre. Presenta una longitud total de 438 km aproximadamente y durante su recorrido atraviesa parte de los municipios de Ituango (Antioquia), Tierralta, Valencia, Montería, Cereté, San Pelayo, Cotorra, Lorica y San Bernardo del Viento, en el Departamento de Córdoba.

### **4.2 Sectorización de la Cuenca.**

De acuerdo con la sectorización presentada por la CVS en el POMCA del Río Sinú, la fuente hídrica se divide en tres subregiones: Alto, Medio y Bajo Sinú. El Alto Sinú está conformado por los municipios de Tierralta, Valencia e Ituango (Antioquia) (Ilustración 2); el Medio Sinú por Montería, San Carlos, Cereté, San Pelayo y Ciénaga de Oro (Ilustración 3) y el Bajo Sinú, subdividido en el Bajo Sinú Sabanero, Bajo Sinú Costanero y Bajo Sinú Cienaguero. (Mapa1.)

El Bajo Sinú Cienaguero está conformado por los municipios de Cotorra, Chimá, Momil, Purísima y Lorica; el Bajo Sinú Sabanero por Chinú, San Andrés de Sotavento, Sahagún, Sampués y Sincelejo (estos dos últimos del Departamento de Sucre) y el Bajo Sinú costanero, por San Bernardo del Viento y San Antero

Mapa 1. Ubicación Zona hidrográfica del Río Sinú.

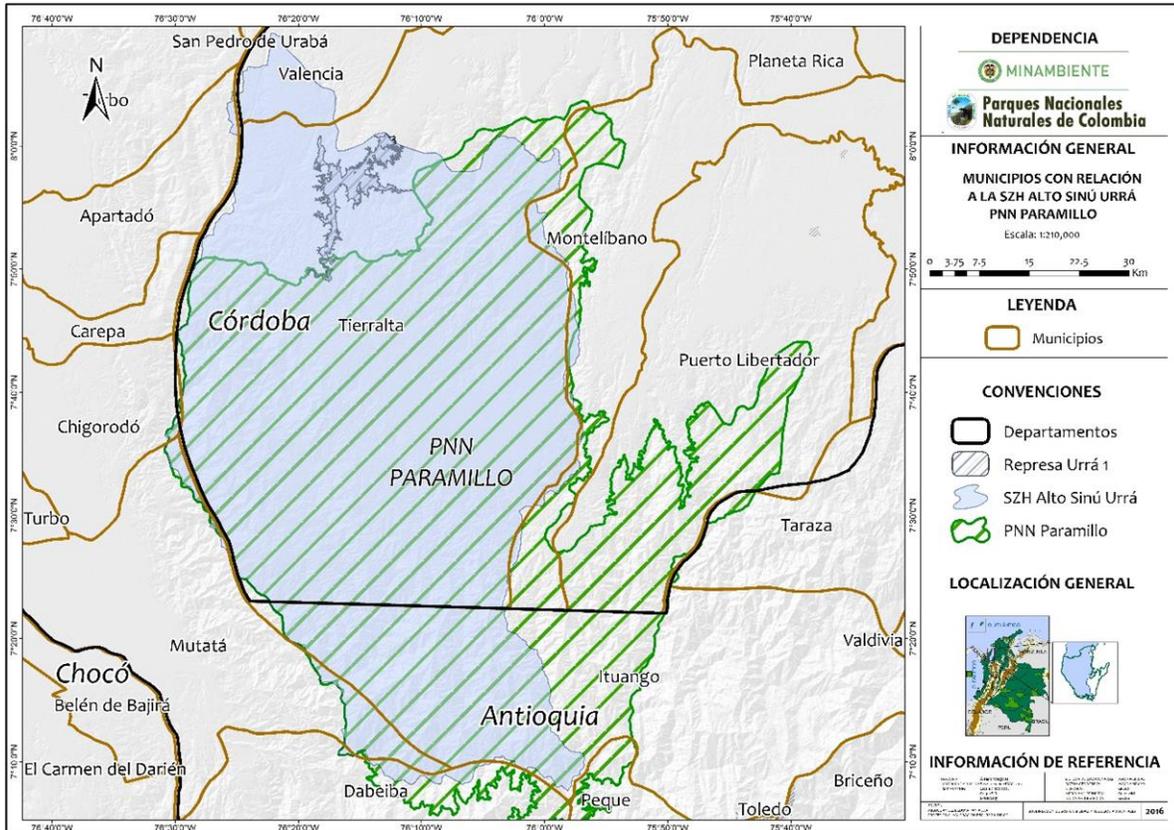


#### 4.2.1 Municipios con participación en la Cuenca del Río Sinú:

De acuerdo con la regionalización presentada por la CVS se muestra la ubicación espacial de los municipios con participación en la cuenca del Río Sinú.

##### 4.2.1.1 Cuenca Alta del Río Sinú:

Mapa 2. Cuenca Alta del Río Sinú.



Fuente: Este estudio 2016.

En la cuenca Alta del Río Sinú se encuentran parcialmente los municipios de Ituango (Antioquia), Tierralta y Valencia en Córdoba. Con base en ello se presenta a continuación una descripción de los municipios señalados:

#### Ituango:

Localizado al Norte del Departamento de Antioquia, en límites con el Departamento de Córdoba. El municipio cuenta con un área de 3904 km<sup>2</sup>, de las cuales el 54,8% hace parte del Parque Nacional Natural Paramillo. (Alcaldía de Ituango, 2014)

La economía de este municipio se basa principalmente en la agricultura con los cultivos de café, la caña, el maíz, la caña de azúcar y el frijol, la ganadería vacuna de seba y leche, ovinos y porcinos, minería oro y platino, industria maderera.

#### **Tierralta:**

El municipio se localiza al extremo sur occidental del departamento de Córdoba, así mismo se cataloga como el municipio más importante y con mayor extensión en la denominada Subregión Alto Sinú. (Alcaldía de Tierralta, 2015).

La economía de la región se caracteriza por la producción agrícola, con cultivos de maíz, la yuca, ñame y plátano en la modalidad de autoconsumo y en cosechas para la comercialización; así como también actividades relacionadas con la ganadería vacuna, la extracción maderera y la pesca. Dadas las condiciones favorables y de riqueza de suelos, la producción de maíz se configura como una de las actividades económicas más representativas del municipio.

De igual manera, se presenta de manera significativa la producción pecuaria, en actividades como la cría, el levante, ceba y comercialización del ganado vacuno, como una actividad empresarial con altos ingresos económicos.

#### **Valencia:**

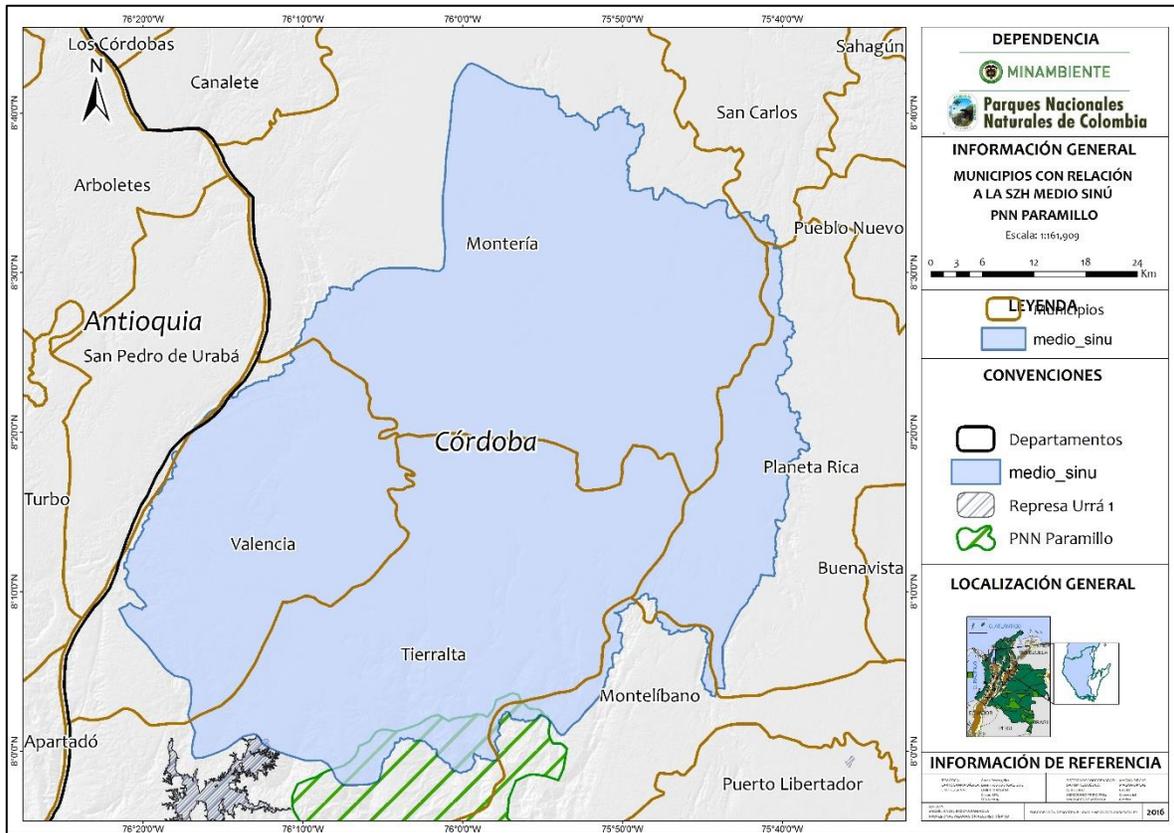
Ubicado en el departamento de Córdoba, este municipio limita al norte con el Departamento de Antioquia y la ciudad de Montería, por el este y sur limita con Tierralta y Oeste con el departamento de Antioquia.

La mayor fuente hidrográfica de municipio de Valencia es el Río Sinú, el cual, con sus aguas permite el desarrollo de actividades económicas como la agricultura, catalogada como el principal renglón económico de este municipio. Como cultivos más representativos se señalan la papaya, maíz, arroz, yuca, ñame y plátano (Alcaldía de Valencia, 2014).

Por otra parte la ganadería se presenta como la segunda fuente económica del municipio, en la cual se destacan actividades relacionadas con la cría de ganado vacuno, porcino, caballar y ovino.

#### 4.2.1.2 Cuenca Media del Río Sinú.

Mapa 3. Cuenca Media del Río Sinú.

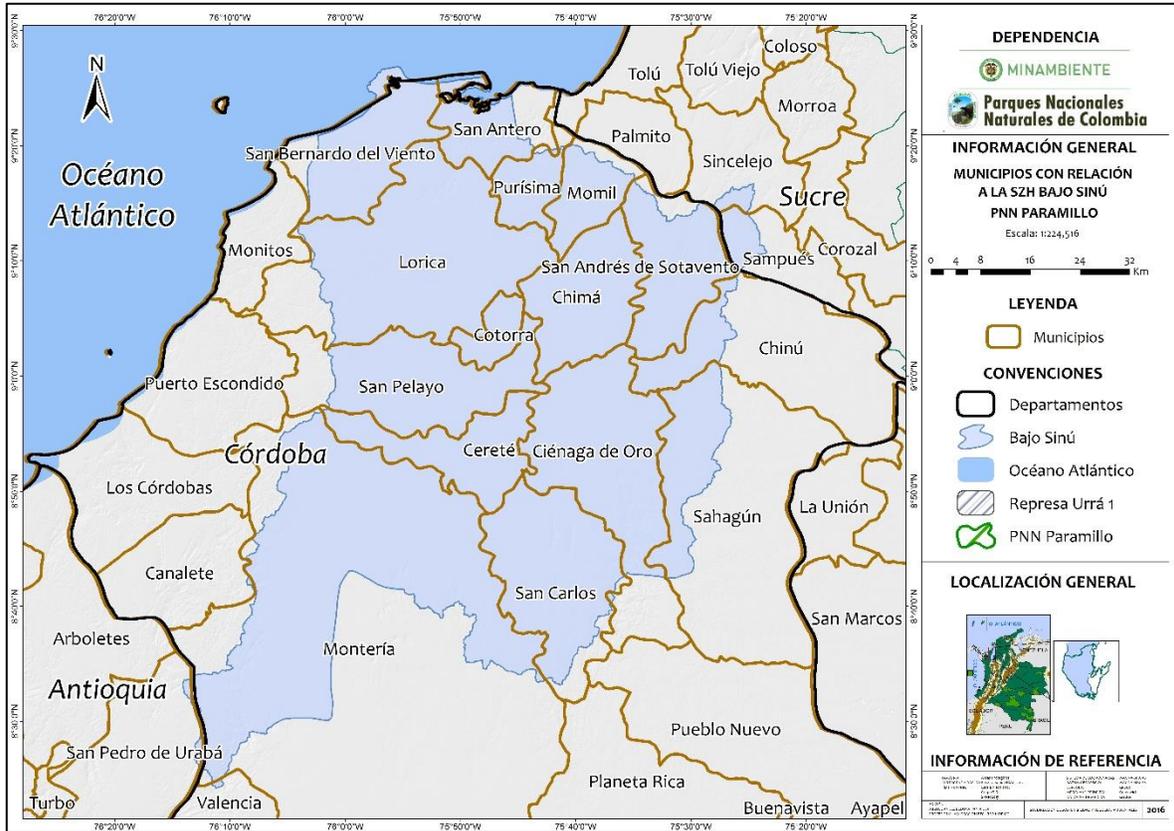


Fuente: Este estudio 2016.

Como parte del análisis de los municipios presentes en la cuenca, solo se considera una descripción general de aquellos presentes en la Cuenca Alta, ya que presentan una mayor participación y cercanía al PNN Paramillo. Entre tanto, para las demás partes de la cuenca se presentan en los siguientes mapas la ubicación de sus municipios como una forma de reconocer cuales hacen parte de la ZH del Río Sinú.

### 4.2.1.3 Cuenca baja del Río Sinú

Mapa 4. Cuenca Baja del Río Sinú.



Fuente: Este Estudio 2016.

### 4.3 Caracterización económica de los municipios relacionados con la cuenca.

Como una forma de reconocer las condiciones económicas de los municipios con participación en la cuenca del Río Sinú se presenta en la tabla 3 el índice de pobreza multidimensional, para cada municipio. Este índice permite obtener una idea sobre el grado de privación de las personas en un conjunto de dimensiones: condiciones educativas en el hogar, condiciones de la niñez y la juventud, trabajo, salud y acceso a servicios públicos domiciliarios y condiciones de la vivienda. (DNP, 2011). De acuerdo con este indicador, se considera que una persona está en condición de pobreza si cuenta con privaciones en al menos 5 de las variables seleccionadas (33% del total de privaciones). En este sentido para efectos de la presentación en cada municipio, se siguió la división presentada por la CVS para la subregionalización de los municipios en la parte alta, media y baja de la cuenca.

Tabla 3 Índice de pobreza multidimensional para los municipios con relación a la Cuenca del Río Sinú.

Zona de la Cuenca	Depto.	Municipio	Zona Urbana			Zona Rural		
			Población Urbana muestra cocensal 2005	Población urbana pobre por IMP	Incidencia 1	Población Rural muestra cocensal 2005	Población rural pobre por IMP	Incidencia 2
Cuenca Alta	Antioquia	Ituango	5,486	2,539	46.30%	18,333	16,691	91.00%
	Córdoba	Tierralta	33,006	25,890	78.40%	45,138	43,730	96.90%
	Córdoba	Valencia	12,485	9,714	77.80%	22,162	20,824	94.00%
Cuenca Media	Córdoba	Montería	286,229	174,306	60.90%	93,020	85,336	91.70%
	Córdoba	Cereté	46,984	27,963	59.50%	36,913	33,155	89.80%
	Córdoba	Ciénaga De Oro	20,835	14,541	69.80%	32,545	30,743	94.50%
	Córdoba	San Carlos	4,565	3,384	74.10%	19,168	18,388	95.90%
	Córdoba	San Pelayo	6,989	4,739	67.80%	32,260	29,405	91.20%
Cuenca Baja	Córdoba	Chima	2,817	2,085	74.00%	10,820	10,099	93.30%
	Córdoba	Chinú	20,980	14,539	69.30%	22,334	20,875	93.50%
	Córdoba	Cotorra	3,426	2,792	81.50%	11,599	10,224	88.10%
	Córdoba	Lorica	45,051	30,276	67.20%	64,868	59,889	92.30%
	Córdoba	Momil	8,775	6,895	78.60%	5,385	4,893	90.90%
	Córdoba	Purísima	6,126	4,139	67.60%	8,513	8,137	95.60%
	Córdoba	Sahagún	44,818	27,874	62.20%	41,326	36,457	88.20%
	Córdoba	San Andrés Sotavento	8,733	5,606	64.20%	54,713	53,535	97.80%
	Córdoba	San Antero	14,562	10,457	71.80%	11,895	10,295	86.50%
	Córdoba	San Bernardo Del Viento	8,187	6,270	76.60%	23,264	21,485	92.40%
	Sucre	Sincelejo	217,787	113,104	51.90%	18,350	15,650	85.30%
Sucre	Sampues	18,324	13,439	73.30%	17,761	17,041	95.90%	

Fuente: DNP 2005.

Dados los resultados presentados por este indicador, se reconoce que, para la Cuenca Alta del Río Sinú, los municipios con condiciones más altas de pobreza en su zona urbana corresponden a Valencia y Tierralta con una incidencia de 77.80% y 78.40% respectivamente, mientras que Ituango, en Antioquia, si bien, presenta la incidencia más baja en la cuenca alta con 46.30%, se considera que se encuentra en situación de pobreza al presentar una incidencia mayor al 33%. Entre tanto, en la zona rural todos los municipios de la parte alta de la cuenca presentan condiciones críticas de pobreza, tal y como lo indican sus incidencias con valores que superan el 90%.

Para la cuenca media, todos los municipios presentan condiciones altamente significativas de pobreza en el área urbana, con incidencias mayores al 59%; en este contexto los municipios con la condición de pobreza más alta en su área urbana corresponden a San Carlos (74.10%), Ciénaga De Oro (69.80%) y San Pelayo (67.80%). Entre tanto, en la zona rural todos los municipios de la zona media de la cuenca presentan condiciones críticas de pobreza, tal y como lo indican sus incidencias con valores que superan el 89%.

Finalmente, para la cuenca baja del Río Sinú, el municipio con las condiciones más críticas de pobreza en la zona urbana corresponde a Cotorra, con una incidencia de 81.50%. No obstante, todos los demás municipios presentan condiciones desfavorables de pobreza, sin embargo, el municipio de Sincelejo es el que presenta lo menores niveles, con una incidencia de 51.90%. Entre tanto, en la zona rural todos los municipios de la zona baja de la cuenca presentan condiciones críticas de pobreza, tal y como lo indican sus incidencias con valores que superan el 85%.

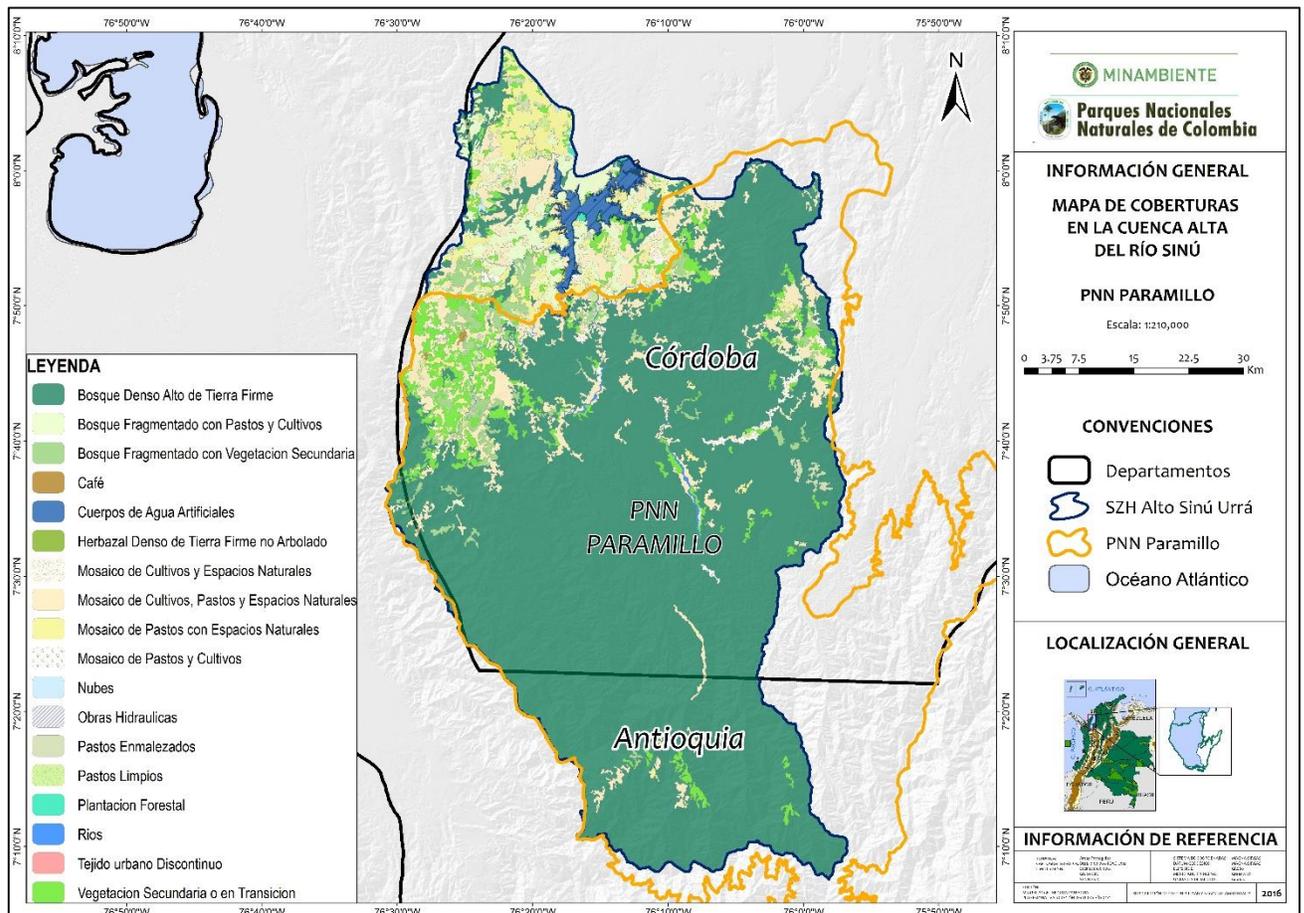
Continuando con la caracterización de condiciones socioeconómicas, se presentan los actores y beneficiarios más significativos por su relevancia económica en la región, alta demanda del recurso hídrico y finalmente se consideran tendencias de sectores que pueden presentar una demanda futura del recurso hídrico de forma diferenciada de acuerdo con las decisiones que se tomen sobre el uso de la tierra.

## 5 Identificación de actores.

### 5.1 Coberturas que ejercen presión en la Cuenca Alta del Río Sinú.

Con el interés de caracterizar las condiciones más representativas de presión y actores, se identifican en el siguiente mapa, aquellas coberturas de la tierra, las cuales por sus características presentan algún tipo de condición de presión hacia las coberturas naturales en la Cuenca, de acuerdo con la leyenda Nacional de Coberturas para Colombia (2005-2009)

Mapa 5. Coberturas de la tierra para la Cuenca Alta del Río Sinú.



Fuente: Elaboración propia con base en la Leyenda Nacional de Coberturas

De acuerdo con el mapa de coberturas se presentan las áreas de cada tipo, para la Cuenca Alta del Río Sinú, junto con su condición (estado o presión) se identifica que la cobertura con mayor área corresponde al bosque denso alto de tierra firme (Tabla 4), característica de las zonas naturales del PNN Paramillo. Sin embargo, se evidencian diferentes presiones significativas al interior del parque relacionadas con la ganadería, la agricultura y las zonas de cuerpos de agua artificiales, como es el caso de la represa de Urrá.

En este sentido, se resalta que la presión más significativa en la cuenca y al interior del Parque corresponde a las actividades agropecuarias, las cuales ejercen presión sobre las coberturas naturales y el recurso hídrico para el desarrollo de sus actividades.

Tabla 4. Coberturas presentes en la Cuenca Alta del Río Sinú.

<b>Cobertura</b>	<b>Condición</b>	<b>Hectáreas</b>
Bosque Denso Alto de Tierra Firme	Estado	333.539,71
Bosque Fragmentado con Pastos y Cultivos	Estado	17.197,27
Bosque Fragmentado con Vegetación Secundaria	Estado	10.918,11
Café	Presión	188,66
Cuerpos de Agua Artificiales	Presión	6.657,08
Herbazal Denso de Tierra Firme no Arbolado	Estado	27,51
Mosaico de Cultivos y Espacios Naturales	Presión	2.546,34
Mosaico de Cultivos, Pastos y Espacios Naturales	Presión	38.577,91
Mosaico de Pastos con Espacios Naturales	Presión	16.341,73
Mosaico de Pastos y Cultivos	Presión	771,36
Obras Hidráulicas	Presión	1,23
Pastos Enmalezados	Presión	2.611,06
Pastos Limpios	Presión	3.154,27
Plantación Forestal	Presión	261,76
Ríos	Estado	1.400,86
Tejido urbano Discontinuo	Presión	13,47
Vegetación Secundaria o en Transición	Estado	24.252,87
<b>Total</b>		<b>458.461,18</b>

Fuente: Elaboración propia con base en la Leyenda Nacional de Coberturas

## 5.2 Central hidroeléctrica de Urrá 1.

La central hidroeléctrica URRÁ 1 está localizada al noroccidente del país, sobre el Río Sinú a 30 km al sur del municipio de Tierralta, departamento de Córdoba. Sus principales afluentes de abastecimiento de agua son el río Sinú y sus afluentes que nacen en el PNN Paramillo. (URRÁ S.A. E.S.P.). La central cuenta con una capacidad instalada de 340 MW (megavatios) distribuida en cuatro turbinas de 85 MW cada una, con una energía firme anual de 1.421GWh.

La red hídrica de la cuenca en su parte alta, provee de energía eléctrica al proyecto URRÁ I, representada en un área de 452.072 ha, siendo el mayor aporte proveniente de las subcuencas del Parque Paramillo con un área total de 382.598 Has, que equivale al 84,6 % y el restante 15,4 % se localiza por fuera del Parque, es decir, 69.474 ha (Tabla 5)

Tabla 5. Área de la cuenca del Río Sinú aportante al embalse, al interior y por fuera del PNN Paramillo.

AREA TOTAL DE LA CUENCA	AREA DE LA CUENCA APORTANTE AL EMBALSE	AREA APORTANTE AL EMBALSE AL INTERIOR DE PNN PARAMILLO		AREA APORTANTE AL EMBALSE FUERA DEL PNN PARAMILLO	
		AREA Has	Área %	AREA Has	Área %
1.401.068	452.072	382.598	84,6	69.474	15,4

Fuente: Plan de manejo del PNN Paramillo.

## 5.3 Distritos de Riego.

Los Distritos de Riego están conformados por asociaciones de usuarios del recurso hídrico, que se abastecen para el desarrollo de actividades agropecuarias, de gran importancia económica para la población, la cual debido a su crecimiento demanda cada vez más alimentos y agua para suplir sus necesidades. Es entonces como a través de los distritos de riego se busca suplir los diferentes requerimientos hídricos de los cultivos con el fin de alcanzar los mejores rendimientos productivos. Este tipo de actividades benefician a las poblaciones en la medida en que se incrementa la productividad, mejora la calidad de vida de los campesinos, se genera empleo, se reducen los efectos de las heladas en los cultivos, disminuye la inestabilidad de los precios, entre otros.

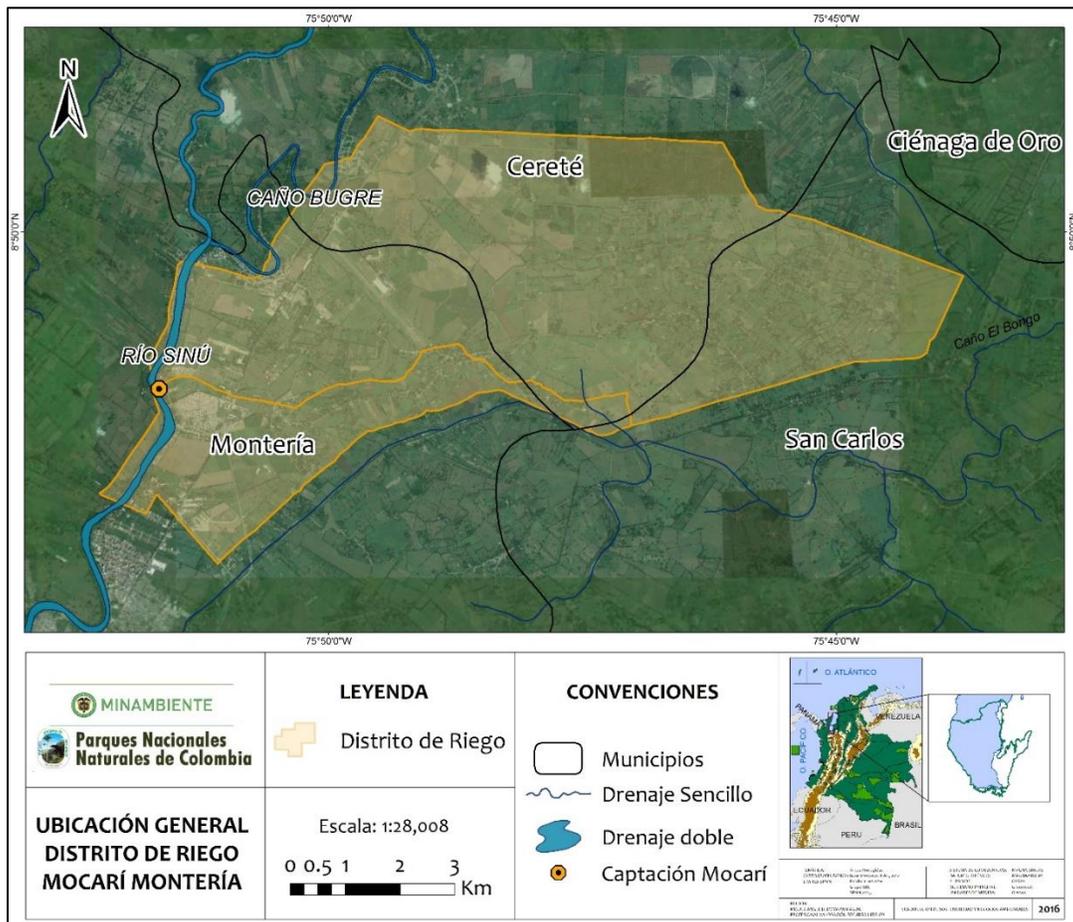
El desarrollo de distritos de riego requiere de la integración de caudales o flujos de agua necesarios para el riego de la tierra, con infraestructura de escala micro, pequeña, media y grande. (Orjuela, 2013). Estas estructuras comprenden una red de canales de riego que conducen el agua hacia las coberturas de irrigación. Dadas las características generales de este tipo de obras; para nuestra área de estudio, la Cuenca del Río Sinú, se señalan dos distritos de riego de interés como lo son el Distrito de Riego Mocarí – Montería y La Doctrina, los cuales se abastecen de la cuenca del Río Sinú. A continuación, se presenta una descripción general de cada uno.

### 5.3.1 Distrito de Riego Mocari-Montería.

Este Distrito de Riego de gran escala cubre aproximadamente 48.000 Has, de las cuales se tiene infraestructura y medianamente habilitada para irrigar 3.000 Has, aunque solo se presenta irrigación en 750 Has. Cobija los municipios de Cereté y Montería y parte de Ciénaga de Oro, San Carlos, San Pelayo y Cotorra. (INCODER, 2013). Este distrito cuenta con 409 km de longitud en canales de drenaje y en riego 75 km, su construcción se realizó a finales de los años 60, y fue objeto de mantenimiento y ampliación a finales de la década de los años 80. Los principales usos del distrito corresponden a los cultivos de maíz, arroz, algodón y sorgo; también presenta usos relacionados con la ganadería, beneficiando a 5026 familias.

Conforme lo anterior, en el siguiente mapa se puede apreciar tanto la ubicación espacial del Distrito de Riego, como también la captación de aguas del distrito

Mapa 6. Ubicación general Distrito de Riego Mocari – Montería.



Fuente: Elaboración propia con base en shape de Distritos de Riego POMCA Río Sinú 2006

Gráfico 1. Fotografía Distrito de Riego Mocarí – Montería.

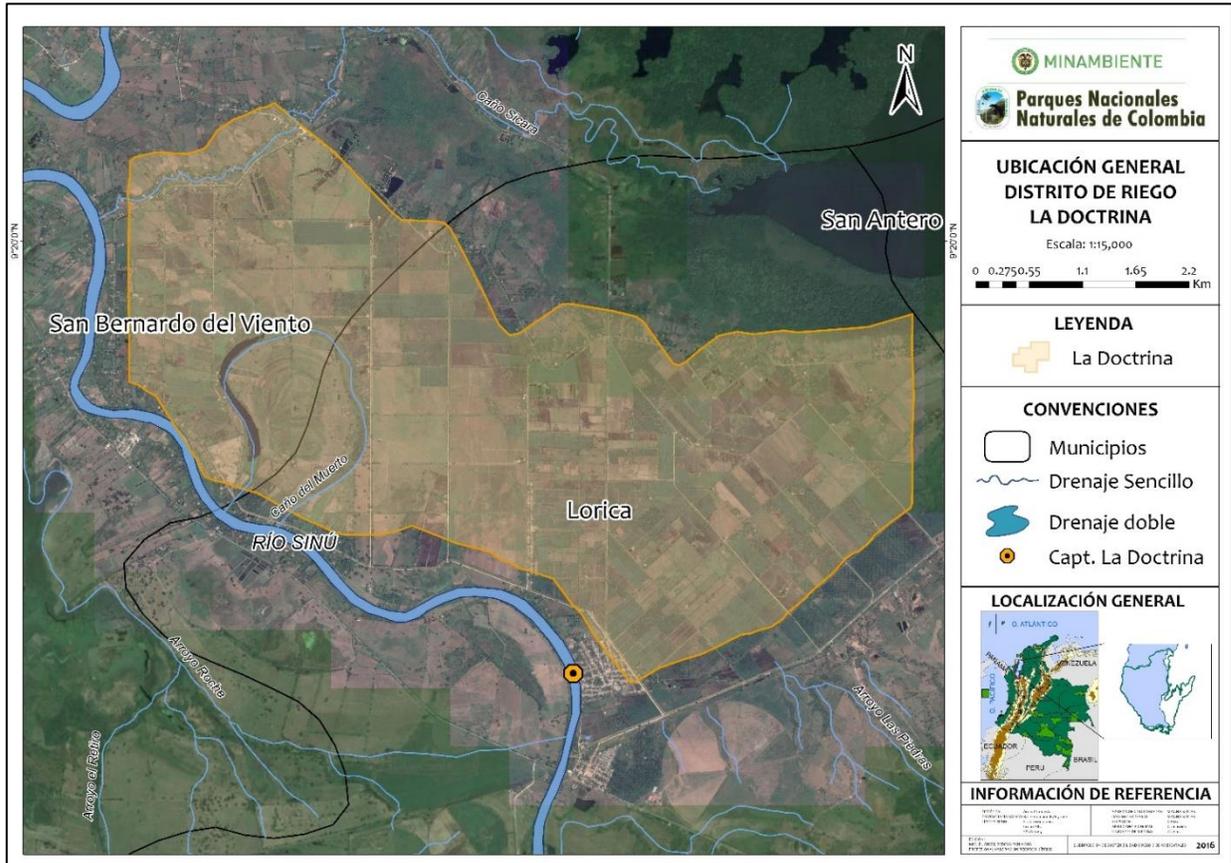


### 5.3.2 Distrito de Riego La Doctrina.

El Distrito de Riego de mediana escala La Doctrina beneficia a los municipios de Santa Cruz de Lorica y San Bernardo del Viento en el departamento de Córdoba, cuenta con un área total aproximada de 2462 Has y beneficia alrededor de 289 familias. (INCODER, 2013), y cuenta con un caudal concesionado de  $3600 L * seg^{-1}$ . Entre los cultivos presentes en el distrito, se encuentra el arroz, la palma africana, pancoger y papaya.

La construcción de este Distritos, al igual que el de Mocarí Montería, se realizó a finales de los años 60 y fue objeto de aplicación hacia finales de la década de los 80. Dado lo anterior, en el siguiente mapa se puede apreciar la ubicación espacial del Distrito de Riego, y la captación de aguas.

Mapa 7. Ubicación general Distrito de Riego La Doctrina.



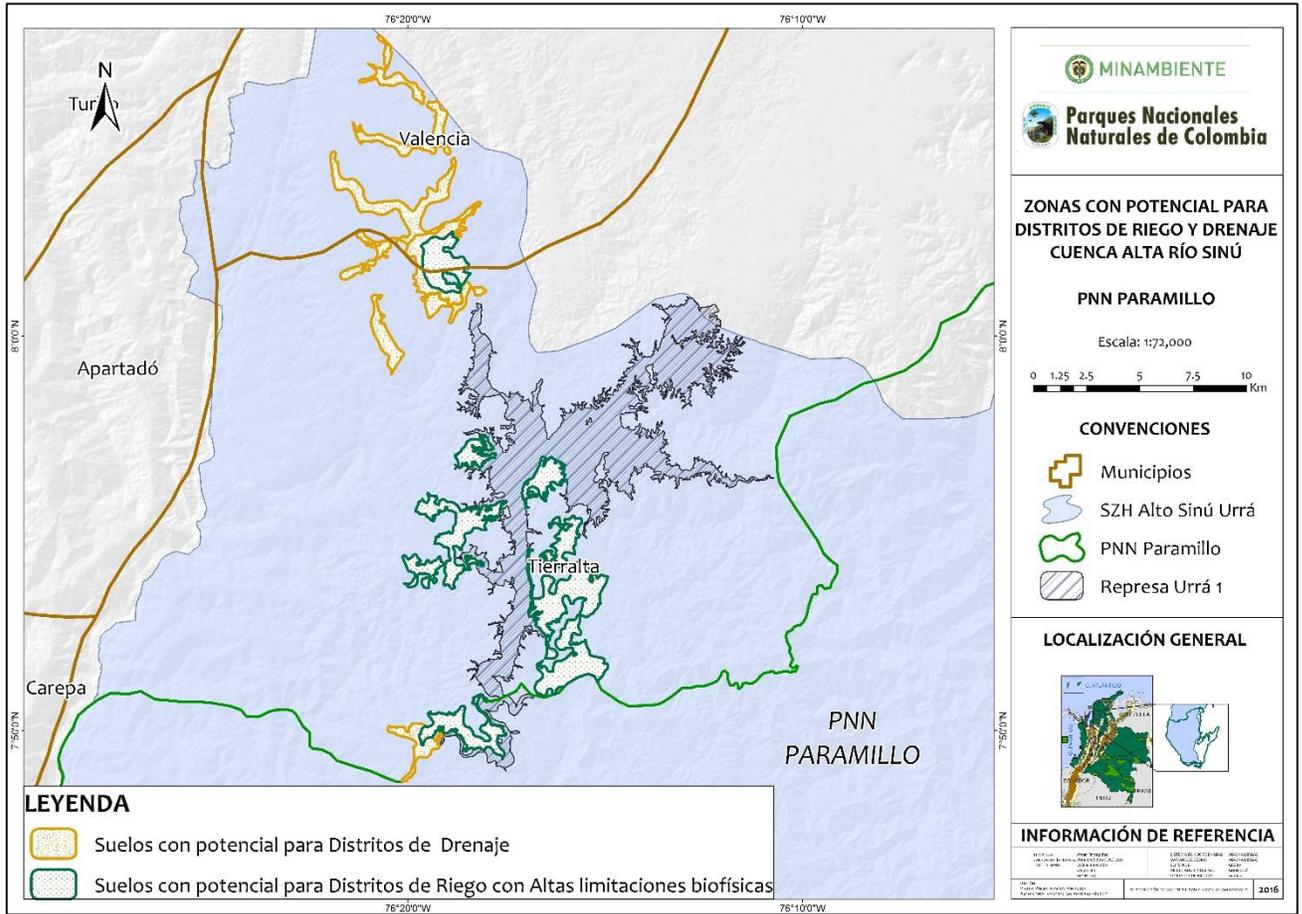
Fuente: Elaboración propia con base en shape de Distritos de Riego POMCA Río Sinú 2006

### 5.3.3 Zonas con Potencial para el desarrollo de Distritos de Riego y Drenaje.

Con el ánimo de reconocer zonas con potencial para el desarrollo de distritos de riego y de drenaje se presentan las áreas caracterizadas por la Unidad de Planeación Rural y Agropecuaria (UPRA), con potencial para tal fin, en la cuenca alta y media del Río Sinú. Dicha identificación se presenta teniendo en cuenta que el desarrollo de este tipo de obras aumenta la demanda del recurso hídrico proveniente del PNN Paramillo, por lo cual, vale la pena considerar aquellas zonas que se han caracterizado con este potencial, como beneficiarios potenciales a futuro del recurso hídrico y posibles aliados con relación a estrategias de conservación que favorezcan la provisión de agua para estos usos.

Dado lo anterior en los siguientes mapas se pueden apreciar las zonas con potencial para distritos de riego en la Cuenca Alta y Media del Río Sinú.

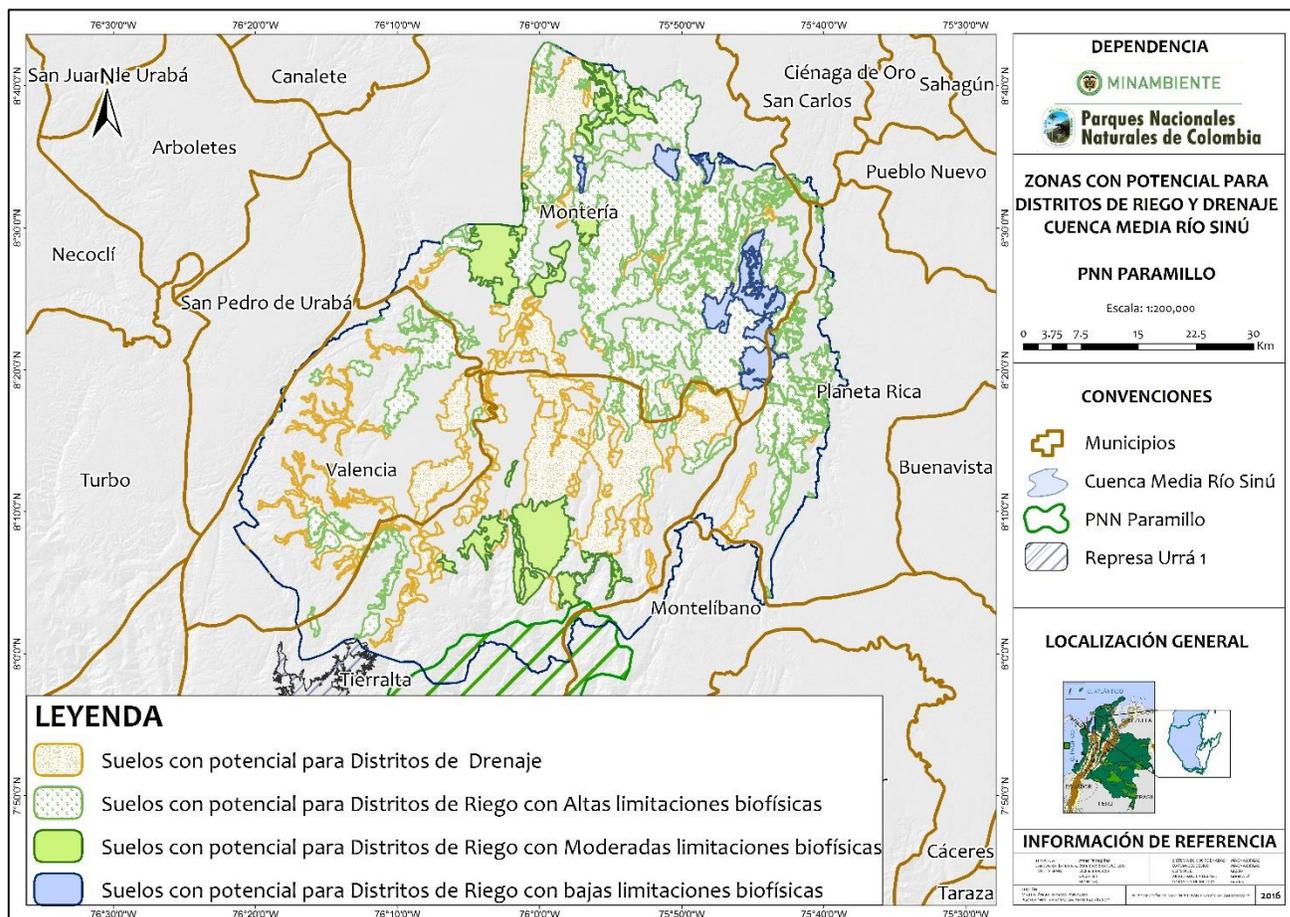
Mapa 8. Zonas con potencial para Distritos de Riego y Drenaje en la Cuenca Alta del Río Sinú.



Fuente: Elaboración propia con base en Shape de suelos con potencial para Distritos de Riego y Drenaje 2015

Como se observa, existen zonas con potencial para distritos de riego con altas limitaciones biofísicas, desde el límite del Parque, y extendiéndose a lo largo de la represa. Además, se reconocen zonas con potencial para distrito de drenaje al norte de la Subzona Hidrográfica. De esta forma se tienen zonas con potencial para distritos de riego con altas limitaciones, en un área de 1832.81 Has aproximadamente; mientras que se identifican zonas con potencial para distritos de drenaje con un área de 2997.2 Has aproximadamente.

Mapa 9. Zonas con potencial para Distritos de Riego y Drenaje en la Cuenca Media del Río Sinú.



Fuente: Elaboración propia con base en Shape de suelos con potencial para Distritos de Riego y Drenaje 2015

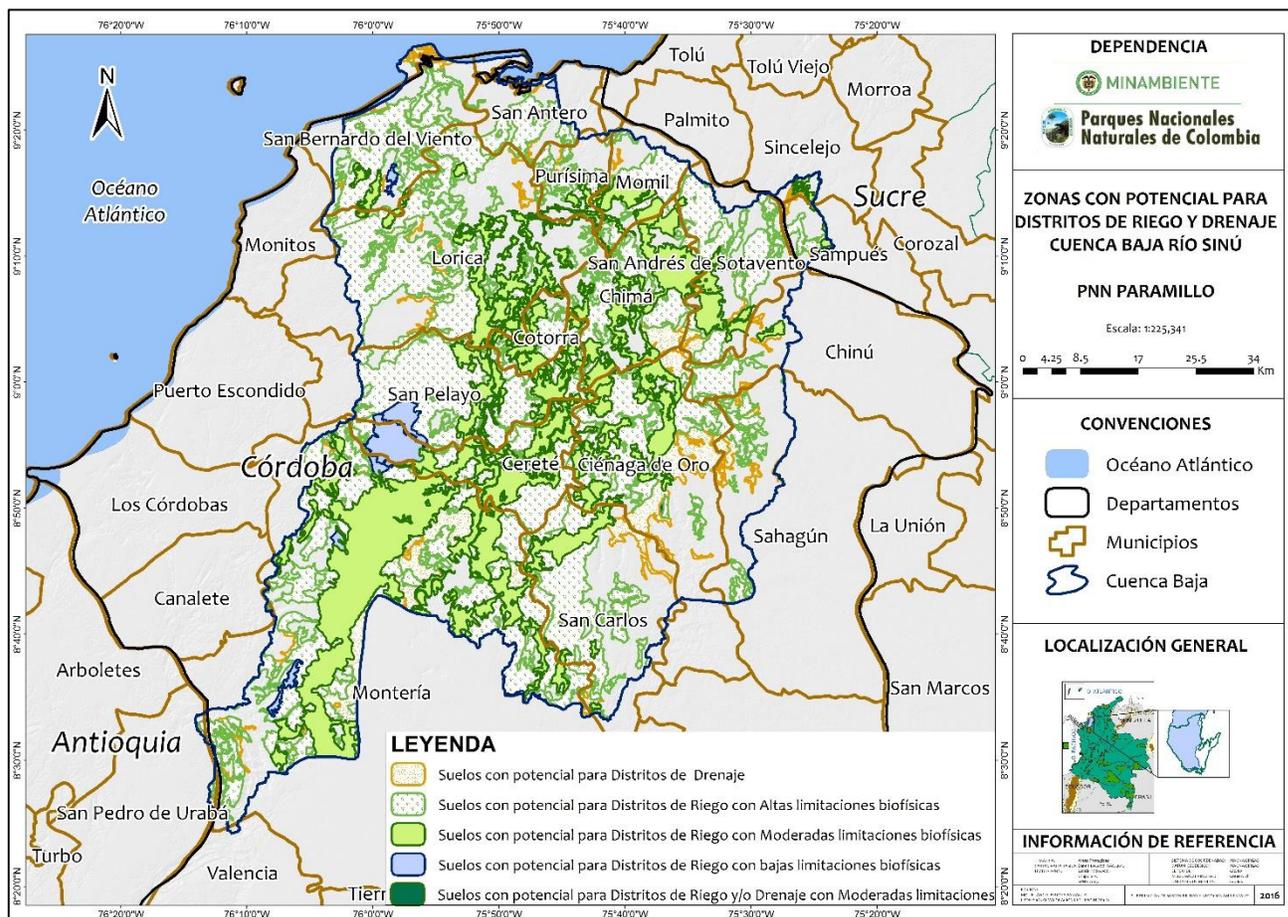
Como se observa, la mayor extensión de área está identificada como una zona con potencial para distritos de riego con bajas limitaciones (Tabla 6).

Tabla 6. Condiciones de suelos con potencial para Distritos de Riego y Drenaje en la Cuenca Media.

Condición	Has
Suelos con potencial para Distritos de Drenaje	64180,08
Suelos con potencial para Distritos de Riego con bajas limitaciones biofísicas	98077,59
Suelos con potencial para Distritos de Riego con Moderadas limitaciones biofísicas	20049,33
Suelos con potencial para Distritos de Riego con Altas limitaciones biofísicas	63,97
<b>Total</b>	<b>182370,97</b>

Fuente: Elaboración propia con base en Shape de suelos con potencial para Distritos de Riego y Drenaje 2015

Mapa 10. Zonas con potencial para Distritos de Riego y Drenaje en la Cuenca Baja del Río Sinú.



Fuente: Elaboración propia con base en Shape de suelos con potencial para Distritos de Riego y Drenaje 2015

Tabla 7. Condiciones de suelos con potencial para Distritos de Riego y Drenaje en la Cuenca Baja.

Condición	Has
Suelos con potencial para Distritos de Drenaje	33982.75
Suelos con potencial para Distritos de Riego con Altas limitaciones biofísicas	213605.93
Suelos con potencial para Distritos de Riego con bajas limitaciones biofísicas	7875.71
Suelos con potencial para Distritos de Riego con Moderadas limitaciones biofísicas	114965.42
Suelos con potencial para Distritos de Riego y/o Drenaje con Moderadas limitaciones biofísicas	100.90
<b>Total</b>	<b>370530.71</b>

Fuente: Elaboración propia con base en Shape de suelos con potencial para Distritos de Riego y Drenaje 2015

Como se observa, la condición más representativa corresponde a los suelos con altas limitaciones para distritos de riego, seguido de condiciones más moderadas. Por lo tanto, la mayor parte de los

suelos cuentan con limitaciones para el desarrollo de este tipo de actividades, sin embargo, esto no quiere decir que estén totalmente limitadas.

Con base en la identificación presentada para la parte alta, media y baja de la cuenca, se reconoce una tendencia considerable en la presencia de suelos con condiciones para el desarrollo de distritos de riego y drenaje, es importante señalar que el desarrollo de estas actividades aumentara considerablemente la demanda de recurso hídrico del Río Sinú. En este sentido, las fuentes hídricas que nacen en el PNN Paramillo serán fundamentales para atender estas necesidades; por lo tanto ante un eventual desarrollo de un distrito de riego es importante favorecer la negociación el reconocimiento de los servicios ecosistémicos, en este caso la provisión de agua, a través de la aplicación de instrumentos económicos como por ejemplo, en el marco de lo expuesto en el artículo 111 de la ley 99 de 1993 donde se señala: *“Los proyectos de construcción de distritos de riego deberán dedicar un porcentaje no inferior al 3% del valor de la obra a la adquisición de áreas estratégicas para la conservación de los recursos hídricos que los surten de agua”*. En este sentido, la identificación de posibles zonas donde se puedan establecer este tipo de proyectos representa un elemento de preparación ante una posible negociación que pueda favorecer al PNN Paramillo.

#### **5.4 Mapa de Tierras de la Agencia Nacional de Hidrocarburos para la Cuenca del Río Sinú**

Otra de las actividades con intereses en la cuenca corresponde a la exploración de hidrocarburos, que en el caso de prosperar puede convertirse en producción. Actualmente estas actividades de exploración se encuentran en conflicto con otro tipo de iniciativas como las anteriormente analizadas (Distritos de riego), por lo cual es importante considerar como están distribuidas las zonas de exploración de acuerdo con el mapa de tierras de la Agencia Nacional de Hidrocarburos, versión 2015.

En este sentido, en el siguiente mapa se presenta dicha distribución a lo largo de la cuenca, como una manera de reconocer los diferentes intereses en la misma.

Mapa 11. Proyectos de hidrocarburos para la Cuenca del Río Sinú.

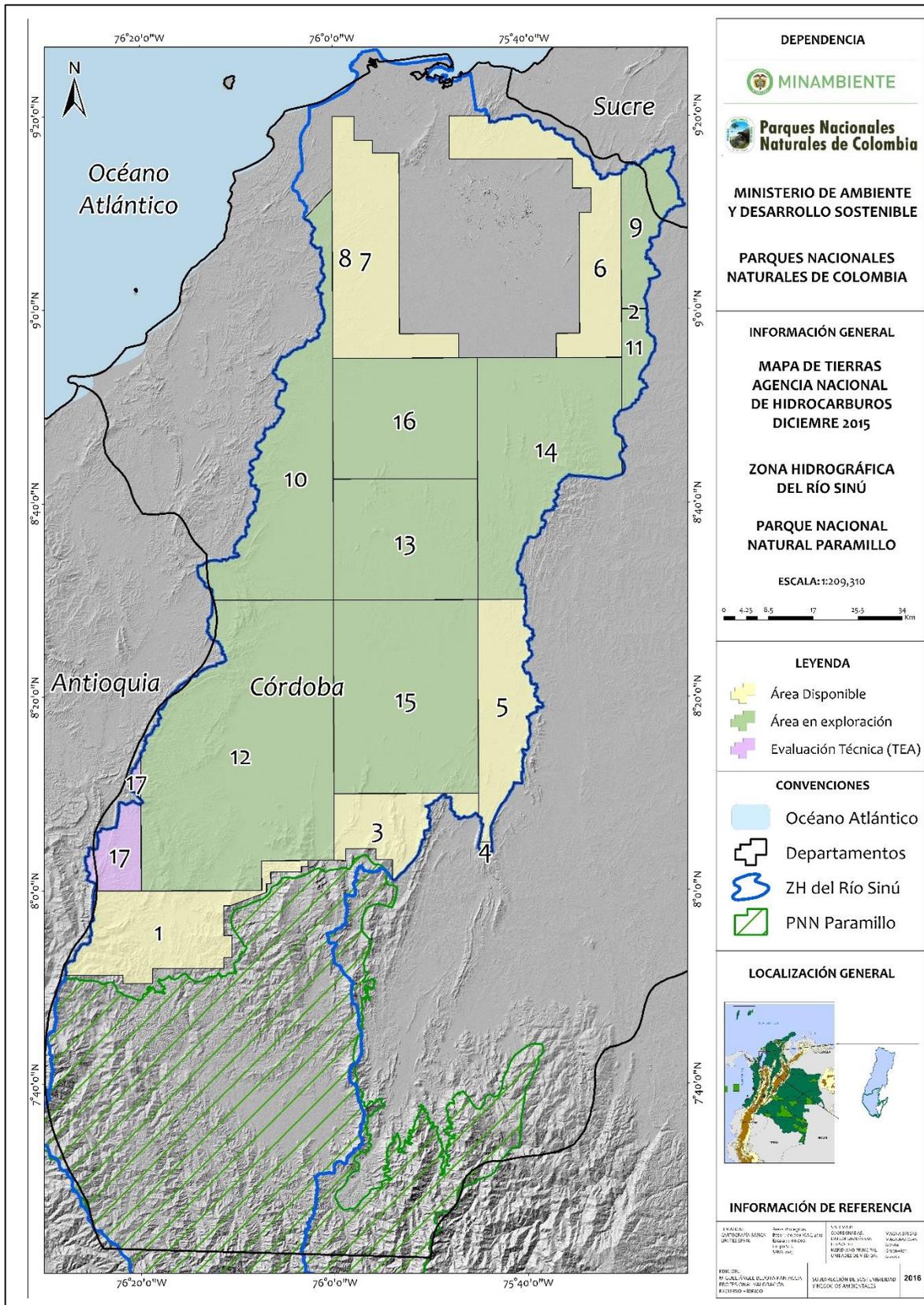


Tabla 8. Estado de proyectos Mapa Tierras ANH, Cuenca del Río Sinú.

No.	ESTADO	OPERADORA	HAS
1	ÁREA DISPONIBLE	AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS	46210
2	ÁREA DISPONIBLE	AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS	35.96
3	ÁREA DISPONIBLE	AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS	24370
4	ÁREA DISPONIBLE	AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS	526.3
5	ÁREA DISPONIBLE	AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS	37880
6	ÁREA DISPONIBLE	AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS	47400
7	ÁREA DISPONIBLE	AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS	58650
8	PROPUESTA RECIBIDA PARA NEGOCIACIÓN		58650
9	EXPLORACIÓN CON ANH	PACIFIC STRATUS ENERGY COLOMBIA CORP	21700
10	EXPLORACIÓN CON ANH	ECOPETROL S.A.	81440
11	EXPLORACIÓN CON ANH	CNE OIL & GAS S.A.S	8972
12	EXPLORACIÓN CON ANH	GRAN TIERRA ENERGY COLOMBIA LTD	169400
13	EXPLORACIÓN CON ANH	HOCOL S.A.	63440
14	EXPLORACIÓN CON ANH	CLEAN ENERGY RESOURCES S.A.	88080
15	EXPLORACIÓN CON ANH	HOCOL S.A.	101500
16	EXPLORACIÓN CON ANH	ETABLISSEMENT MAUREL & PROM	63300
17	EVALUACIÓN TÉCNICA CON ANH	GRAN TIERRA ENERGY COLOMBIA LTD	14320

Fuente: Elaboración propia con base en ANH 2015

Las áreas que presentan algún tipo de exploración de hidrocarburos, corresponden al 42,43% de la Cuenca aproximadamente, mientras que las áreas que se presentan como disponibles corresponden al 15,25% aproximadamente.

Con base en lo anterior, es preciso señalar la presencia del conflicto de intereses en torno al desarrollo económico en la cuenca en donde se presentará la elección sobre destinar el suelo para actividades relacionadas con la exploración y producción de hidrocarburos o establecer distritos de riego. En este sentido se presenta un trade off (disyuntiva) entre beneficiarios, en el cual, al favorecerse la elección de un tipo determinado de actividad en la cuenca, existiría un ganador y un perdedor.

Dado lo anterior, la elección sobre cómo utilizar las áreas de la cuenca incidirá de forma diferente en la demanda hídrica y en el desarrollo económico de la región. Es así como los tomadores de decisiones deberán elegir las alternativas más viables para la región. Por lo cual se espera que se pueda considerar los servicios ecosistémicos en este caso la provisión de agua proveniente del PNN Paramillo, como un factor a considerar en estas decisiones.

## 6 Análisis económico del valor agregado a la economía.

### 6.1 Actividades agropecuarias.

Como una forma de entender el contexto regional de la Zona Hidrográfica del Río Sinú, con respecto a sus actividades económicas más representativas, se realizó el cálculo del aporte de la actividad agrícola y pecuaria a la economía regional del departamento de Córdoba. Esta medición representa el valor agregado a la economía regional, el cual consiste en el valor adicional creado en el proceso de producción por efecto de la combinación de sus diferentes factores. (DANE), para el área de estudio, se calculó dicho valor al identificar las coberturas de la tierra relacionadas con la agricultura y ganadería, luego se asignaron valores por hectárea conforme al inventario bovino y a los valores finales de la producción agropecuaria presentes en el sistema de Cuentas Nacionales Departamentales del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). La información necesaria para esta estimación se presenta en el siguiente gráfico.

*Gráfico 2. Esquema general para el cálculo del valor agregado a la economía regional por actividades agropecuarias.*



Con base en lo anterior, se consultaron las bases de datos del sistema de Cuentas Nacionales Para el departamento de Córdoba, con relación a los montos del valor agregado según las ramas de actividad económica correspondientes a la producción agrícola y pecuaria. De esta manera se calcula que, a precios constantes del 2014, la actividad agrícola género en promedio un valor agregado a la economía de \$8.93 millones de pesos anuales por hectárea cultivada. Así mismo, se estima que las actividades de producción pecuaria generan en promedio \$570 mil pesos anuales por hectárea disponible en praderas y pastos permanentes (Tabla 11). Dados los resultados y considerando las actividades económicas presentes en la Cuenca del Río Sinú, se resalta que el sector económico más representativo corresponde al agrícola.

Tabla 9. Valor agregado por ramas de actividad Analizadas con base en las Cuentas Nacionales para el Departamento de Córdoba.

Descripción	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Prom. 2007-2014
Has uso Agrícola (Miles de Has)	140.01	130.69	108.52	103.01	95.55	124.40	83.61	82.83	108.58
Has uso Pecuario (Miles de Has)	1683.52	1702.81	1709.54	1728.65	1639.5	1669.9	1762.6	1748.1	1705.59
Inventario bovino (Miles de Cabezas de ganado)	2519	2420	2311	2420	2246.4	1729	2086	2083	2226.70
<b>Valor agregado (Miles de Millones de Pesos)</b>									
Producción agrícola	784	624	621	627	596	629	644	687	651.50
Producción pecuaria y otros	716	726	693	671	703	617	616	624	670.75
<b>Valor agregado por hectárea</b>									
Producción agrícola	5.60	4.77	5.72	6.09	6.24	5.06	7.70	8.29	6.18
Producción pecuaria y otros	0.43	0.43	0.41	0.39	0.43	0.37	0.35	0.36	0.39
Unidades de Ganado / Hectárea	1.50	1.42	1.35	1.40	1.37	1.04	1.18	1.19	1.31
<b>Descripción</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>Prom. 2007-2014p</b>
Has uso Agrícola (Miles de Has)	140	130.69	108.52	103.007	95.55	124.39	84	83	108.58
Has uso Pecuario (Miles de Has)	1684	1702.8	1709.54	1728.6	1639.5	1669.9	1763	1748	1705.59
Inventario bovino (Miles de Cabezas de ganado)	2519	2419.55	2310.54	2419.55	2246.4	1729.3	2086	2083	2226.70
<b>Valor agregado</b>									
Producción agrícola (Miles de millones de pesos)	1132.57	901.43	897.10	905.77	860.99	908.6	930.3	992.44	941.16
Producción pecuaria y otros (Miles de millones de pesos)	1034.34	1048.78	1001.11	969.33	1015.5	891.3	889.8	901.43	968.97
<b>Valor agregado por hectárea</b>									
Producción agrícola (Millones de pesos)	8.089	6.898	8.267	8.793	9.011	7.305	11.12	11.982	<b>8.93</b>
Producción pecuaria y otros (Millones de pesos)	0.614	0.616	0.586	0.561	0.619	0.534	0.505	0.516	<b>0.57</b>
Unidades de Ganado / Hectárea	1.5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.0	1.2	1.2	1.31

Fuente: Elaboración propia con base en DANE. Producto Interno Bruto (PIB) por ramas de actividad económica  
Superficie: DANE: Resultados Encuesta Nacional Agropecuaria, años 2007 – 2014. Inventario bovino: ICA.

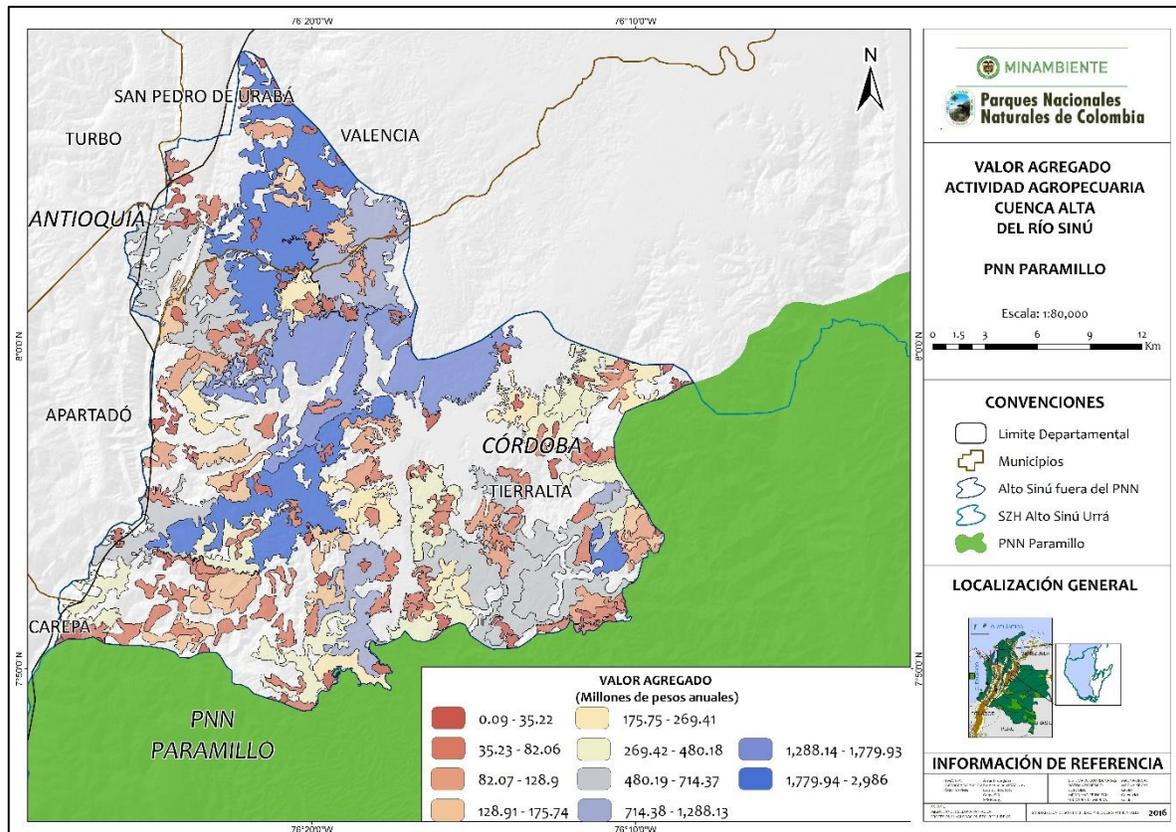
Luego de estimar los valores por hectárea para las actividades agropecuarias, se presenta el cálculo total para la cuenca alta, media y baja, para de esta forma señalar el valor agregado a la economía que se sustenta por el recurso hídrico del Río Sinú. Para este propósito se realizó el cálculo con base en la zonificación presente en las coberturas relacionadas con las actividades agropecuarias. Es decir, se multiplicó el valor agregado por hectárea tanto por agricultura como para ganadería, en aquellas coberturas asociadas con estas actividades.

### 6.1.1 Zonificación del valor económico de las coberturas agropecuarias en la cuenca.

A partir de los resultados obtenidos por hectárea para las actividades agropecuarias se zonificaron los valores en las coberturas relacionadas con estas actividades, en la cuenca, alta, media y baja.

#### 6.1.1.1 Cuenca Alta.

Mapa 12. Valores económicos de las coberturas y usos del suelo relacionados con actividades agropecuarias en la Cuenca Alta del Río Sinú.

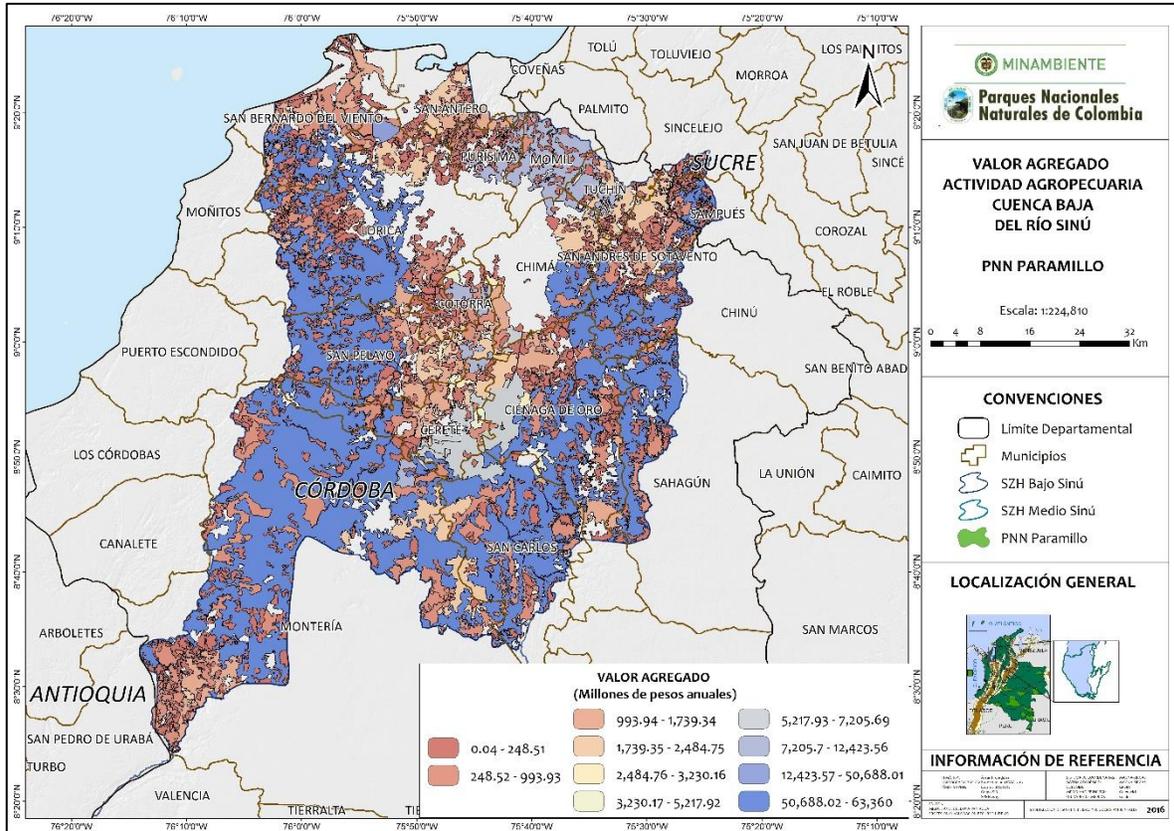


Fuente: Elaboración propia con base en cálculos de las cuentas nacionales.



### 6.1.1.3 Cuenca Baja.

Mapa 14. Valores económicos de las coberturas y usos del suelo relacionados con actividades agropecuarias en la Cuenca Baja del Río Sinú.



Fuente: Elaboración propia con base en cálculos de las cuentas nacionales.

Al igual que en la cuenca media, se aprecia una significativa participación de la actividad agropecuaria con zonas en las que el valor agregado va desde los \$0,04 millones de pesos anuales hasta los \$63,360 millones. Con base en ello se presentan los resultados consolidados para cada parte de cuenca y los resultados para toda la cuenca (tabla 12)

Tabla 10. Valor agregado a la economía por actividades agropecuarias para cada parte de la cuenca en millones de pesos anuales.

	Agricultura	Ganadería	Total
Cuenca Alta	\$ 4,080.00	\$ 25,896.06	\$ 29,976.06
Cuenca Media	\$ 34,372.20	\$ 192,901.04	\$ 227,273.24
Cuenca Baja	\$ 132,295.70	\$ 251,644.92	\$ 383,940.62
<b>Total</b>	<b>\$ 170,747.90</b>	<b>\$ 470,442.02</b>	<b>\$ 641,189.92</b>

Fuente: Elaboración propia con base en cálculos de las cuentas nacionales y la Leyenda Nacional de Coberturas Corine Land Cover para la ZH del Río Sinú.

Con base en lo anterior, se obtiene un valor agregado promedio en la Zona hidrográfica del Río Sinú de \$170.747 y \$470.442 millones de pesos por uso agrícola y ganadería, respectivamente. Presentando un valor total de \$641.189 millones de pesos por uso agropecuario.

## 7 Demanda del Recurso Hídrico por diferentes sectores.

### 7.1 Uso doméstico.

Con relación a la demanda de agua se usa la información contenida en el plan de manejo del PNN Paramillo, sobre uso del recurso hídrico. En este sentido se señala que existen 16 municipios que captan agua directamente del Río Sinú, con un promedio de 1.387.800.000 m<sup>3</sup>/año para satisfacer la demanda de agua de aproximadamente 1.156.500 habitantes (PNN Paramillo-DTCA, 2013). Con base en lo anterior, en la siguiente tabla se presenta la información general sobre los municipios que se abastecen del agua del río Sinú.

Tabla 11. Municipios beneficiarios del recurso hídrico del Río Sinú.

NO.	MUNICIPIO	No. TOTAL HABITANTES 2013	EMPRESA DE ACUEDUCTO	NATURALEZA DE LA EMPRESA	% estimado de la población con servicio de agua potable	Estimaciones de los volúmenes (m <sup>3</sup> ) de captación anual
1	Montería	428.579	ProActiva	Operador Privado	85	32'659.200
2	Cereté	90.023	UNIAGUAS S.A E.S.P.	Operador Especializado	80	11'197.440
3	San Carlos de Colosina	26.366			47	
4	Ciénaga de oro	61.846			85	
5	Sahagún- agua bombeada de Cereté -rio Sinú	89.439			72	
6	Purísima	14.989	Aguas del Sinú S.A. E.S.P.	Operador Especializado	96	12'441.600
7	Chimá	14.742			95	
8	Momil	14.644			90	
9	Lorica	116.631			95	
10	San Andrés de sotavento	40.580			87	
11	San antero	30.240			96	
12	San Bernardo del viento	34.049	APC Aguas del Viento	Administradoras Públicas Cooperativas	85	
13	Cotorra	15.380	APC Aguas del Sinú	Administradoras Públicas Cooperativas	95	
14	San Pelayo	42.680	Empresas Públicas	Empresas Públicas Municipales	70	1'244.160

NO.	MUNICIPIO	No. TOTAL HABITANTES 2013	EMPRESA DE ACUEDUCTO	NATURALEZA DE LA EMPRESA	% estimado de la población con servicio de agua potable	Estimaciones de los volúmenes (m³) de captación anual
			municipales de San Pelayo			
15	Tierralta	95.228	Empresas Públicas Municipales de Tierralta		31	4'852.224
16	Valencia	41.084	Empresas varias municipales de Valencia Córdoba EMPOVALCO		95	1'430.784
16	TOTAL RIO SINÚ	1.156.500	8 EMPRESAS	4 TIPOS DE EMPRESAS		63'825.408

Fuente: Plan de manejo PNN Paramillo

## 7.2 Demanda de agua para distritos de Riego.

La actividad agrícola está representada en mayor medida por los distritos de riego de Mocarí Montería y La Doctrina, los cuales cuentan con concesión de aguas en el Río Sinú para el riego de sus diferentes cultivos, los cuales actualmente corresponden a arroz. De acuerdo con la información del plan de manejo del Parque, se evidencia que, en la cuenca del Río Sinú, el distrito de riego de Mocarí-Montería, es el de mayor extensión, ya que cuenta con un área para riego de 3000 hectáreas, sin embargo, solo se riegan 1.000 hectáreas para cultivo de arroz, con un consumo de agua anual de 163'296.000 m3 aproximadamente. Por su parte del distrito de riego La Doctrina, que cuenta con un área para riego de 2200 hectáreas, aunque actualmente solo se irrigan 1000 ha en cultivos de arroz, con un consumo anual de agua promedio de 111'974.400m3.

Con base en lo anterior se presenta en la siguiente tabla, la información general sobre los distritos de riego que hacen uso del recurso hídrico del Río Sinú.

Tabla 12. Distritos de riego que se surten del agua del Río Sinú.

Distrito	Municipios	Área bajo riego (Has)	Área irrigada (año)	Cultivo Irrigado
Mocarí-Montería	Montería, Cerete	3000	1000	Arroz
La Doctrina	Lórica, San Bernardo del Viento	2200	1000	Arroz

Fuente: Plan de manejo PNN Paramillo

## 8 Resultados de la Valoración del recurso hídrico.

### 8.1 Uso doméstico.

Con base en los informes de la CVS sobre el cobro de las tasas por utilización de aguas (Decreto 155 de 2004), se consideran los pagos por este concepto como una medida del valor económico del recurso hídrico a precios de mercado para los años 2014 y 2015. A continuación, se señala de manera específica la metodología utilizada para este cálculo:

**Año 2014:** Se considera el valor de la tasa por uso de agua aplicando la siguiente ecuación:

$$TUA = TM * FR$$

Donde, TUA corresponde a la tasa por uso de agua, TM corresponde a la tarifa mínima y FR al factor regional. Para el presente caso, de acuerdo con la información disponible se tiene un valor de tarifa mínima de 0.75 \$/m<sup>3</sup> y un valor de factor regional del 1.

Finalmente se obtiene una aproximación al valor económico del recurso hídrico del Río Sinú, al multiplicar la tasa por uso de agua por el volumen total captado en m<sup>3</sup>.

**Año 2015:** Se considera una tasa por uso de agua de 0.78 \$/m<sup>3</sup>, de acuerdo con el incremento del valor de la TUA para el 2014, con respecto al IPC. En este sentido se multiplica el valor de esta tasa por la cantidad de volumen captado para el año 2014, asumiendo que este volumen se mantiene constante en el tiempo.

Con base en lo anterior, se presenta a continuación los resultados de la valoración del recurso hídrico del Río Sinú para uso doméstico para los municipios cuyos acueductos se surten de esta fuente hídrica:

Tabla 13. Aporte económico del recurso hídrico del Río Sinú, hacia el uso doméstico.

Municipio	Empresa o razón social	Resolución de concesión	Volumen concesionado en m3 (2014)	Volumen captado en m3 (2014)	Fuente hídrica	Valor pagado 2014	Valor pagado 2015
Tierralta	MUNICIPIO DE TIERRALTA	15	18662400	18917.33	Quebrada Higueron II	\$14,188	\$14,756
Tierralta	EE PP MM DE TIERRALTA	12708	2021760000	2049840	VEREDA LAS BALSAS	\$1,537,380	\$1,598,875
<b>Subtotal Tierralta</b>						<b>\$1,551,568</b>	<b>\$1,613,631</b>
Montería	PROACTIVA AGUAS DE MONTERIA S.A E.S.P.	8378	7153920000	4902526.67	Sierra Nueva Chiquita	\$3,676,895	\$3,823,971

Municipio	Empresa o razón social	Resolución de concesión	Volumen concesionado en m3 (2014)	Volumen captado en m3 (2014)	Fuente hídrica	Valor pagado 2014	Valor pagado 2015
	PROACTIVA AGUAS DE MONTERIA S.A E.S.P.	8378	1555200000	548637.33	Sector Campanos los	\$411,478	\$427,937
	PROACTIVA AGUAS DE MONTERIA S.A E.S.P.	8378	1555200000	800616	Sector las Iguanas	\$600,462	\$624,480
	PROACTIVA AGUAS DE MONTERIA S.A E.S.P.	8378	1555200000	627392	Mocarí	\$470,544	\$489,366
	PROACTIVA AGUAS DE MONTERIA S.A E.S.P.	8378	1.93E+10	11435006.7	Sierra Vieja Chiquita	\$8,576,255	\$8,919,305
<b>Subtotal Montería</b>						<b>\$13,735,634</b>	<b>\$14,285,059</b>
<b>Cerete</b>	UNIAGUAS S.A E.S.P.	9092	1.12E+10	13611226.7	Rio Sinú Sector Caño Lara	\$10,208,420	\$10,616,757
<b>San Pelayo</b>	EE PP MM SAN Pelayo	9653	1244160000	1261440	Rio Sinú La Encañada	\$946,080	\$983,923
<b>Lorica</b>	AGUAS DEL SINU SA -ESP-	12940	6220800000	10513662.7	LORICA	\$7,885,247	\$8,200,657
<b>San Bernardo del Viento</b>	AGUAS DEL MUNICIPIO DE SAN BERNARDO	15029	2634197760	2670780	PREDIO LAURELES SAN BERNARDO-LORICA	\$2,003,085	\$2,083,208

Fuente: Cálculos propios con base en (PNN, 2013) e informes de TUA CVS 2014

Como resultados de la valoración de recurso hídrico para el sector doméstico, se obtiene una aproximación a precios de mercado de \$36,330,034 y \$37,783,235; para el 2014 y 2015 respectivamente. De esta forma se resalta que estos valores corresponden al aporte que la Cuenca del Río Sinú presenta hacia por valor de uso directo hacia el sector doméstico.

## 8.2 Valor del recurso hídrico asociado a los distritos de riego.

Para estimar la contribución del recurso hídrico del río Sinú, en términos monetarios, relacionado con los Distritos de Riego de Mocarí Montería y La Doctrina, se consideró el valor de la tasa por uso de

agua (TUA) pagada a la CVS por estos distritos para el 2014 y 2015. Esta estimación corresponde a precios de mercado, como una medida del aporte de la cuenca a estos distritos.

De esta forma, se presenta a continuación la valoración económica del recurso hídrico para los Distritos de Riego señalados:

Tabla 14. Aporte económico del recurso hídrico del Río Sinú para los distritos de riego.

Distrito de Riego	Resolución de concesión	Volumen captado en m3 2014	Fuente hídrica	Valor pagado 2014	Valor pagado 2015
Distrito de Riego Mocarí - Montería	31	1874636	Río Sinú	\$1,405,977	\$ 1,462,216
Distrito de Riego La Doctrina	1	4097116	Río Sinú	\$3,072,837	\$ 3,195,750

Fuente: Cálculos propios con base en (PNN, 2013) e informes de TUA CVS 2014

Los valores económicos representados en la tasa por uso de agua, corresponden a los aportes de la cuenca en términos monetarios, en este caso para el cultivo de arroz de los distritos de Riego de Mocarí - Montería y La Doctrina.

### 8.3 Valoración del recurso hídrico para el sector hidroeléctrico

El beneficio económico asociado al uso directo del recurso hídrico del PNN Paramillo para la producción de energía, se calcula a precios de mercado a mediante el uso de una herramienta de modelación hidrológica para la valoración Integrada de servicios ecosistémicos y Costos de Oportunidad (InVEST, por sus siglas en inglés). Este ejercicio fue realizado en conjunto con la profesional M.S.c. Inés Sánchez de la Subdirección de Gestión y Manejo de Áreas Protegidas, el equipo del área protegida y la Dirección Territorial Caribe, con el fin de contar con el fin de contar con medidas de valor del recurso hídrico de la CARS, al interior del área protegida, de tipo ecológico y monetario. De esta manera se caracterizó la oferta hídrica de las subcuencas que surten al embalse de Urrá, la cantidad de energía transformada por el recurso hídrico de las subcuencas del Parque y finalmente una valoración económica que considera el valor presente de las utilidades obtenidas por la energía transformada anualmente durante la vida útil del embalse. Los pasos considerados para esta valoración se presentan a continuación:

#### 8.3.1 Caracterización del servicio ecosistémico de provisión de agua.

Esta caracterización comprende la estimación de los aportes en términos de oferta hídrica de la cuenca alta del Río Sinú al interior del PNN Paramillo, así como las demás subcuencas aportantes al embalse de Urrá. Para tal fin se realizó una modelación hidrológica que se basa en un balance hídrico a través de la curva de Budyko (Sharp, y otros, 2015), a partir de allí se toma en cuenta la heterogeneidad de la zona de estudio con relación a las coberturas del suelo, la clase textural, régimen de precipitación

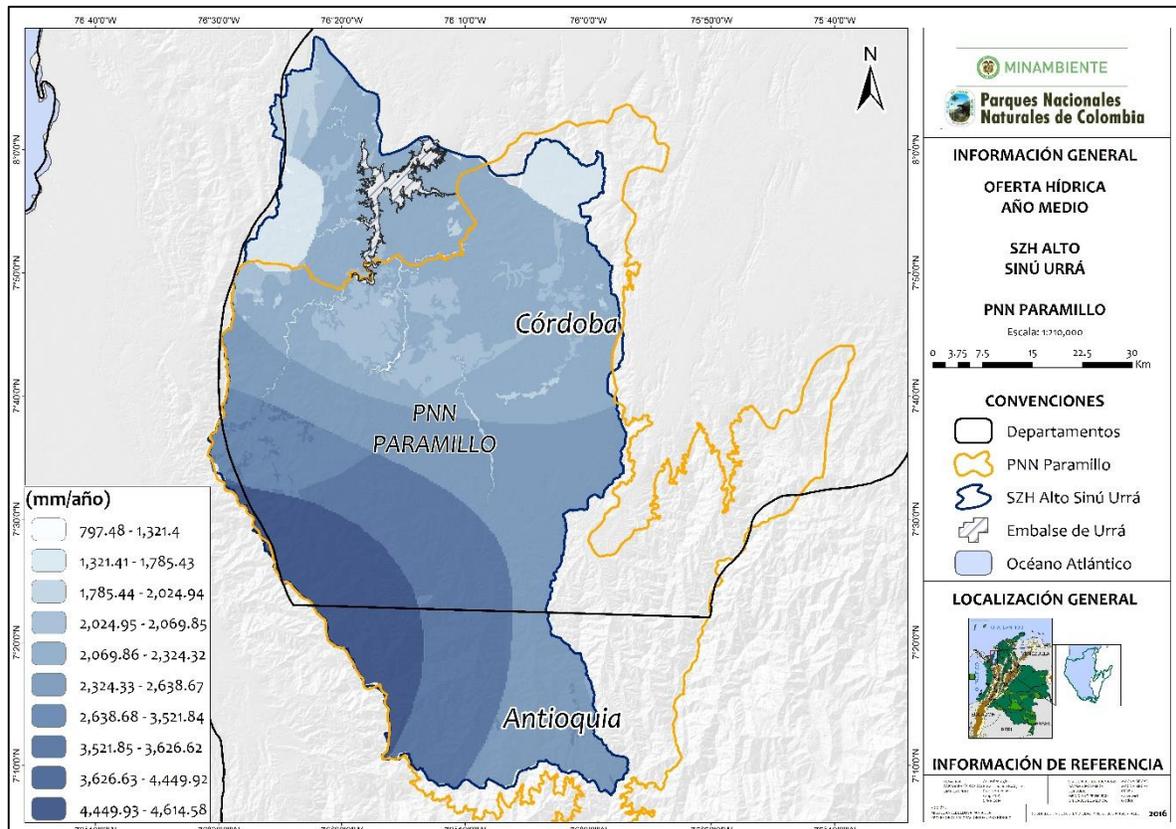
y evapotranspiración, así como también las demandas de agua por uso antrópico. De esta forma, al calcular el balance hídrico se obtiene el volumen de agua anual disponible en la cuenca, al cual se le resta la demanda de agua para uso antrópico para finalmente obtener la cantidad de agua disponible para el embalse de Urrá. Esta oferta hídrica se comparó con la medición de caudales de la estación angosturas de Urrá para el año 2007, por considerarse un año con condiciones promedio, a fin de tener en consideración que el caudal simulado sea similar al observado.

### 8.3.1.1 Oferta hídrica:

La modelación de la oferta hídrica para la CARS en las subcuencas aportantes al embalse arroja un valor de caudal medio anual de 385.73 m<sup>3</sup>/s. Este valor se comparó con el caudal medio anual, en la estación Angosturas de Urrá, la cual mide la cantidad de agua del embalse. Dicha estación registra un caudal medio de 387.47 m<sup>3</sup>/s para el año 2007, el cual se seleccionó por ser un año promedio.

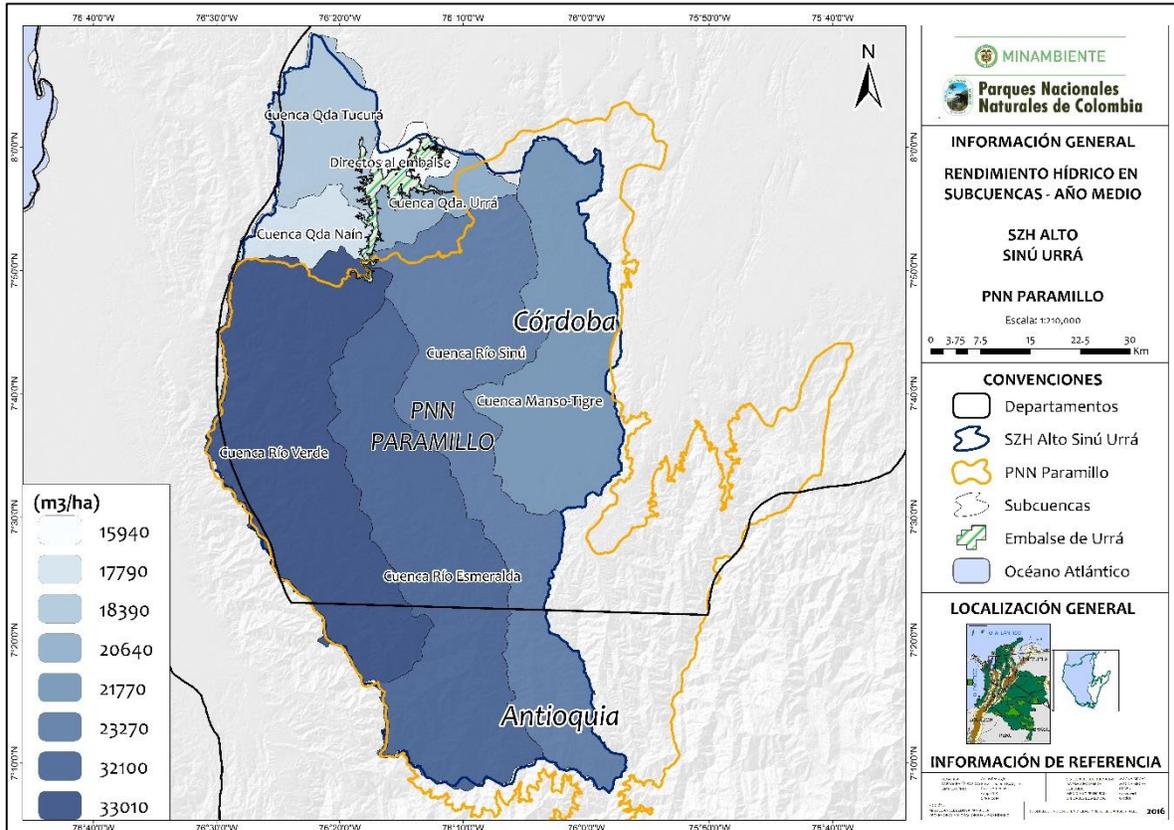
Con base en lo anterior, en los mapas 15 y 16 se presentan los resultados de la modelación de la oferta hídrica para la zona de la CARS que surte al embalse de Urrá.

Mapa 15. Distribución de la oferta hídrica en condiciones de año medio CARS.



Fuente: Elaboración propia con base en salida de modelo de rendimiento hídrico de InVEST.

Mapa 16. Producción de agua en año medio (m3/ha) para las subcuencas aportantes al embalse de Urrá.



Fuente: Elaboración propia con base en salida de modelo de rendimiento hídrico de InVEST.

Como se observa, la mayor producción de agua se presenta en la Subcuenca del Río Verde con aproximadamente 33.010 m<sup>3</sup> de agua producidos por hectárea, seguidos por la Cuenca del Río Esmeralda con 32.100 m<sup>3</sup> de agua producida por hectárea. Por otro parte las fuentes hídricas que se encuentran por fuera del Parque son las que presentan la menor producción de agua por hectárea, por lo cual sus aportes en recurso hídrico para la transformación de energía son muchos menores con respecto al área protegida.

### 8.3.1.2 Oferta hídrica de las Subcuencas al interior del PNN Paramillo.

Como una forma de reconocer los aportes al caudal de las fuentes hídricas al interior del parque, se presenta en la tabla 15 los resultados de la modelación en dichas cuencas.

Tabla 15. Aportes al caudal de las fuentes hídricas del PNN Paramillo que surten al embalse de Urrá.

Fuente hídrica	Caudal medio anual (m3/s)
Quebrada Urrá	2.59
Río Esmeralda	104.39
Río Sinú	75.53
Río Verde	114.81
Ríos Manso - Tigre	49.94

Fuente: Elaboración propia con base en salida de modelo de rendimiento hídrico de InVEST.

Los anteriores valores representan los aportes en términos de cantidad de agua disponible para la transformación de energía. De esta forma se resalta que el aporte total del parque corresponde a  $347.42 \text{ m}^3 * \text{s}^{-1}$  en condiciones de año medio. Este valor se toma como insumo para el cálculo de la cantidad de energía transformada atribuible al recurso hídrico del Parque, así como la valoración monetaria de la provisión de agua para uso hidroeléctrico.

### 8.3.2 Calculo de la energía transformada por la subcuenca.

La cantidad de energía transformada se calcula con base en la ecuación 4, considerando la oferta hídrica, el nivel del embalse, la eficiencia de la turbina y el % del caudal usado para la transformación de energía, dando como resultado la cantidad de energía transformada a nivel anual por el uso del recurso hídrico de la CARS. Finalmente se atribuyen valores de producción de energía a cada subcuenca al interior del parque de acuerdo con su oferta hídrica con relación al volumen total de agua producida en la cuenca.

### 8.3.3 Valoración económica del recurso hídrico CARS

La valoración en términos monetarios del recurso hídrico para uso hidroeléctrico se basa en el cálculo del valor presente producto de la venta de energía transformada por el agua proveniente del área protegida, durante la vida útil restante del embalse, a una tasa de descuento del 12% y bajo el supuesto de que los ingresos y costos de operación y mantenimiento son constantes en el tiempo.

Con base en lo anterior, en el siguiente gráfico se presenta una síntesis de los elementos abordados para llegar a la valoración del recurso hídrico del Río Sinú al interior del parque, para uso hidroeléctrico.

La modelación de la oferta hídrica y el cálculo de la energía transformada se presentan para dos condiciones a saber: (i) Todas las subcuencas aportantes al embalse al interior y por fuera de la CARS en el PNN Paramillo y (ii) Las subcuencas aportantes al embalse que se encuentran al interior del PNN Paramillo en la CARS. Con relación a la valoración económica, los resultados corresponden al aporte del parque en términos monetarios. Es decir, el beneficio económico de la empresa por la venta de energía para la vida útil del embalse.

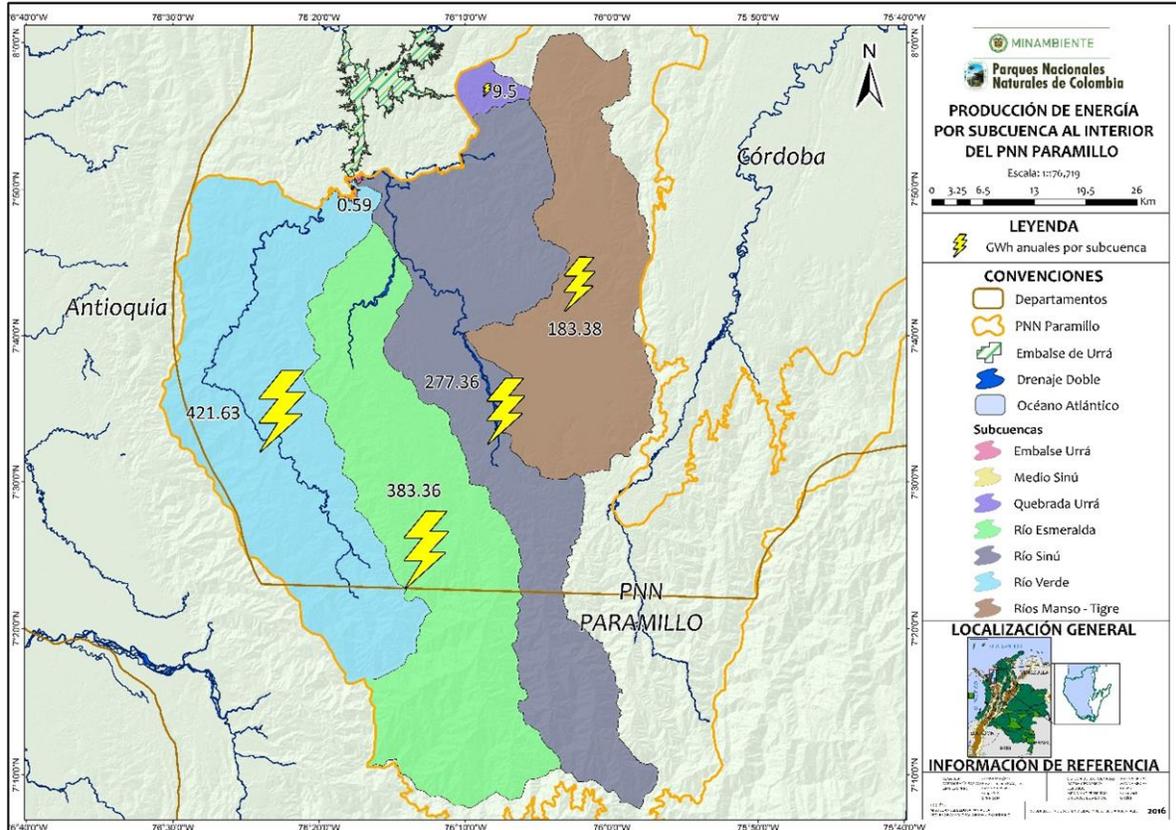
#### **8.3.3.1 Transformación de energía eléctrica:**

Con relación a la cantidad de energía transformada por los aportes de agua, se obtuvo un valor medio anual de 1422.3 GWh/año, dicho valor se comparó con la energía media anual generada por la hidroeléctrica (1421 GWh/año). En términos generales es posible señalar que los resultados tanto de la cantidad de agua producida como de la cantidad de energía transformada son similares con porcentajes de diferencia de 0.45% y 0.09% respectivamente.

#### **8.3.3.2 Aportes del PNN Paramillo:**

Los aportes de agua por la CARS al interior del PNN Paramillo en condiciones de año medio ascienden a 346.05 m<sup>3</sup>/s. Entre tanto, la cantidad de energía media anual transformada que se atribuye al agua producida al interior del parque corresponde a 1275.84 GWh/año. De esta manera se presenta en el mapa 17 la cantidad de energía atribuible a cada subcuenca al considerar sus aportes de agua al caudal.

Mapa 17. Cantidad de energía media anual atribuible a cada subcuenca por la cantidad de agua producida.



Fuente: Elaboración propia con base en salida de modelo de rendimiento hídrico de INVEST.

Como se observa, la subcuenca que estaría favoreciendo en mayor medida la producción de energía es la del Río Verde, con 421.63 GWh/año. En contraste, la que presenta un menor valor corresponde a la Quebrada Urrá con 9.5 GWh/año. Vale la pena señalar que los valores atribuibles a cada subcuenca para la transformación de energía son directamente proporcionales a la cantidad de agua producida en cada Subcuenca, por lo cual, las subcuencas con mayor energía atribuible son las que presentan una mayor oferta hídrica anual.

### 8.3.3.3 Valor económico del recurso hídrico del parque para uso hidroeléctrico.

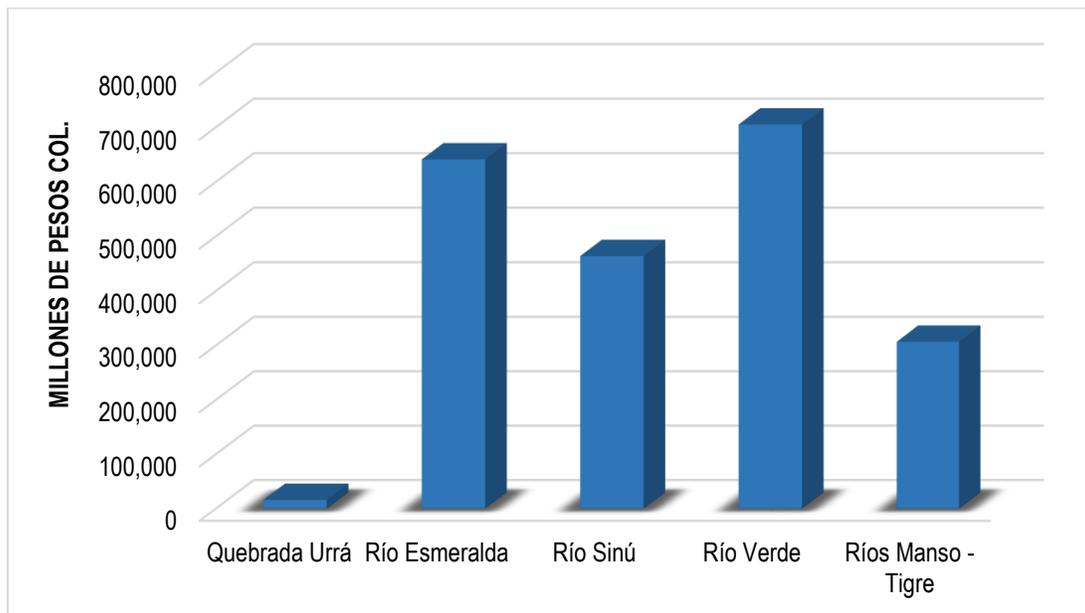
La valoración económica considera tanto la cantidad de energía transformada anualmente, como el valor de esta energía durante la vida útil del embalse, para finalmente reflejar el valor económico del recurso hídrico con relación al ingreso de la empresa atribuible a cada subcuenca del PNN Paramillo durante la vida útil restante del embalse.

En este sentido, se consideró el precio de venta promedio de 1KWh, así como los costos de operación y mantenimiento anuales para calcular el valor presente del beneficio económico obtenido por la transformación de energía del agua que viene de las subcuencas aportantes al interior del área protegida.

Para el cálculo del valor presente a interés simple, se consideró un periodo de tiempo de 35 años, el cual corresponde a la cantidad de años de vital útil del embalse después del año 2015. Así mismo, se asume que los costos anuales de operación y mantenimiento de la represa, el precio de venta y la Producción de energía hidroeléctrica (kW/h), son constantes en el tiempo. De esta manera se obtiene un valor presente de 2,13 billones de pesos a 2015 con una tasa de descuento del 12%; dicho valor se considera como el beneficio económico por la provisión de agua del recurso hídrico del parque durante la vida útil restante del embalse.

A partir del valor económico obtenido para la CARS al interior del Parque, es posible asociar un valor económico a cada subcuenca de acuerdo con sus contribuciones de agua. (Sharp et al, 2015). Es así como se obtiene un valor económico asociado a cada subcuenca de acuerdo sus aportes de agua al Caudal de la CARS al interior del parque. Gráfico 3.

Gráfico 3. Valor económico del recurso hídrico atribuible a cada subcuenca por la cantidad de agua producida para la transformación de energía eléctrica.



Fuente: Elaboración propia con base en salida de modelo de rendimiento hídrico de INVEST.

Como se observa, la subcuenca que favorece el mayor beneficio económico corresponde al Río Verde, con un aproximado de \$705.014,32 millones de pesos durante la vida útil del embalse, seguido del Río Esmeralda con aproximadamente \$641.023,62 millones de pesos. El valor económico es directamente proporcional a la cantidad de agua producida a cada subcuenca, por lo cual, las subcuencas con mayor producción de agua son las que favorecen en mayor medida el beneficio económico de la empresa.

Con base en lo anterior, es importante precisar que, si bien algunas subcuencas presentan un mayor valor económico, es fundamental contar con todos los aportes de las fuentes hídricas. Es entonces cómo se considera la importancia de la CARS, al interior del PNN Paramillo, con relación al valor de uso directo para el sector hidroeléctrico, dados sus aportes en términos de cantidad de agua, potencial para transformación de energía y beneficio económico hacia esta actividad.

Finalmente es importante señalar que el aporte económico del parque hacia el sector hidroeléctrico se calculó con base en un valor presente de las utilidades utilizando un interés simple del 12%. No obstante, es posible señalar un aporte económico significativo del Parque en la medida en que se consideren las utilidades constantes en resto de vida útil del embalse. Dicha aproximación es otra forma de resaltar una medida de valor monetario del beneficio del parque representada en la multiplicación de las utilidades anuales por la vida útil restante del embalse (35 años), lo cual arroja un valor de 5.28 billones de pesos totales bajo el supuesto que las utilidades se mantienen constantes en el tiempo. De esta manera se obtienen dos aproximaciones a saber: (i): Beneficio económico representado en un valor presente de las utilidades (año 2015, con un interés simple del 12%), con lo cual se obtiene un resultado de 2,13 billones a precios del 2015 y (ii): una aproximación en términos de las utilidades constantes para el resto de vida útil del embalse, lo cual arroja un resultado de: 5,28 billones de pesos.

## 9 Conclusiones y recomendaciones.

- La valoración del recurso hídrico para la SZH Alto Sinú, hacia el sector hidroeléctrico, aborda elementos de valoración ecológica y económica; al considerar elementos biofísicos relacionado con la oferta hídrica y la capacidad de producción de agua de las subcuentas aportantes al embalse; así como también una aproximación en términos económicos con relación al beneficio obtenido por la transformación de energía eléctrica por el uso directo del agua producida al interior del Parque.
- Los resultados de este trabajo se constituyen en un herramienta de gestión efectiva para el PNN Paramillo, con la cual es posible capitalizar oportunidad de negociación con actores claves del territorio (tanto al interior: campesinos e indígenas) como en su contexto regional (empresarios, entes territoriales, Corporaciones Autónomas regionales CAR's y otras instituciones) para atender las situaciones de manejo priorizadas las cuales son: 1) conflictos de uso ocupación y tenencia con comunidades campesinas; 2) establecer acuerdos de usos y manejo con grupos étnicos (indígenas embera) y 3) articular la gestión del Parque a los procesos de ordenación territorial y otras estrategias de conservación que se desarrollen en su zona aledaña. En el escenario del post-acuerdo Gobierno Nacional – FARC, este tipo de estudios puede ser relevante ya que aporta elementos técnicos para explorar nuevas fuentes de financiamiento y nuevos paradigmas que reorienten la toma de decisiones en el marco de la gestión integral del recurso hídrico al interior de las áreas de SPNN.
- En la medida en que se presenten acciones en apoyo a la gestión de PNN para la protección y conservación de la SZH, no solo se fortalecerá la preservación del ecosistema, sino que además se favorecerá la transformación de energía tanto en condiciones medias como de sequía e invierno, asegurando la confiabilidad del sistema de alimentación eléctrica del Caribe Colombiano, lo cual sustenta el desarrollo económico de esta región.
- Se recomienda la importancia de considerar medidas de valor no monetarias, ya que de acuerdo con el IAVH (Instituto Alexander Von Humboldt, la valoración económica debe ser utilizada como un instrumento que, combinado con otras herramientas, permita aproximarse mejor a diferentes percepciones de valor y conocimiento que la sociedad y diferentes sectores tengan hacia la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos. En este sentido, no solamente se considera una valoración meramente económica, sino que también se busca presentar una valoración ecológica que permita reconocer la cantidad de agua producida en la cuenca y su distribución espacial.
- La valoración del RH de la cuenca alta del río Sinú, es el primer paso para desarrollar mecanismos que permitan encaminar acciones socioculturales y económicas efectivas para la conservación de la biodiversidad, sus servicios ecosistémicos, y reducir la brecha económica para el manejo efectivo del Área Protegida, donde los actores claves en el ordenamiento ambiental del territorio reconozcan de manera consiente, de cómo el beneficio de invertir en la conservación de la cuenca alta del río Sinú, trae no solo un beneficio

económico particular, sino un beneficio generalizado para el desarrollo local y regional en el país.

- Es fundamental la generación de espacios con los diferentes sectores beneficiados del recurso hídrico del PNN Paramillo y los entes territoriales relacionados, con el fin de consolidar la importancia del recurso hídrico como servicio ecosistémico que sustenta entre otras cosas la generación de energía eléctrica que favorece la confiabilidad al sistema eléctrico de la Costa Atlántica.
- Se observó una deficiencia de información hidrometeorológica para estudios de oferta, por lo que se recomiendan aunar esfuerzos para avanzar en diseños de monitoreo que permitan reconocer la importancia de la conservación de los biomas en escenarios de clima cambiante. En futuros desarrollos, esta información puede ser utilizada para calibraciones y validaciones de modelos hidrológicos, sencillos (como el utilizado en este trabajo) y complejos, que permitan cálculos más precisos de otros aspectos del ciclo hidrológico como la regulación de sedimentos, la calidad del agua, entre otros.
- El recurso hídrico de la SZH Alto Sinú, contribuyen al mantenimiento de cultivos, actividades como la pesca, abastecimiento para agua potable, entre otros usos. Por estas razones es necesario que las comunidades, sectores y demás beneficiarios consideren un conocimiento más profundo, valoración y apropiación de estos otros servicios ecosistémicos que presta el Área Protegida.
- Por ello los autores de este documento, resaltan que, si bien la oferta hídrica es uno de los SE que más sobresale, en el PNNP se han identificado que existen evidencias para pensar un enfoque de valoración del RH de la SZH más amplio, tales como: la producción de sedimentos, la capacidad de regulación bajo condiciones de clima cambiante, procesos hidrobiológicos, relaciones culturales con el agua y otros. En este sentido, es recomendable que en la medida en que se cuente con mayor información se contemplen servicios de regulación.

## 10 Bibliografía

- Alcamo, J. (2003). Ecosystems and human well-being: a framework for assessment.
- Alcaldía de Ituango. (2014). *Alcaldía de Ituango Antioquia Colombia*. Retrieved Marzo 28, 2016, from <http://www.ituango-antioquia.gov.co/>
- Alcaldía de Tierralta. (2015, Septiembre). *Alcaldía de Tierralta - Córdoba*. Retrieved Abril 19, 2016, from [http://www.tierralta-cordoba.gov.co/informacion\\_general.shtml](http://www.tierralta-cordoba.gov.co/informacion_general.shtml)
- Alcaldía de Valencia. (2014). *Alcaldía de Valencia - Córdoba - Sitio oficial de Valencia en Córdoba, Colombia*. Retrieved Abril 19, 2016, from <http://www.valencia-cordoba.gov.co/index.shtml#4>
- Budyko et al. (1958). *The Heat Balance of the Earth's Surface*. US Department of Commerce.
- CVS. (2006). *Fases de prospección y formulación del plan de ordenamiento y manejo integral de la cuenca hidrográfica del Río Sinú (POMCA-RS)*. Montería, Córdoba: Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge.
- DANE. (n.d.). *Producto Interno Bruto*. Bogotá D.C.: Departamento Nacional de Estadística. Retrieved from [https://www.dane.gov.co/files/faqs/faq\\_pib.pdf](https://www.dane.gov.co/files/faqs/faq_pib.pdf)
- DNP. (2011). *Índice de Pobreza Multidimensional (IPM-Colombia) 1997-2008 y meta del PND para 2014*. Bogotá D.C.: Departamento Nacional de Planeación, DNP.
- FAO. (2006). *Evapotranspiración del cultivo Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*.
- IDEAM. (2004). *Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia*. Bogotá Colombia: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales .
- INCODER. (2012). *ANÁLISIS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE DISTRITOS DE RIEGO Y DRENAJE A NIVEL NACIONAL*. . Bogotá - Colombia: Instituto Colombiano de Desarrollo Rural - INCODER.
- INCODER. (2013). *Actuación especial de fiscalización en los Distritos de Riego Manatí, Mocarí, y La Doctrina, Ubicados en los departamento de Atlántico y Córdoba*. Bogotá D.C.: Contraloría General de la República - Sector Agropecuario. Retrieved from <http://www.contraloriagen.gov.co/documents/10136/176635901/Incoder+++ACES++D.de.Riego+Mocar%C3%AD,%20La+Doctrina+y+Manat%C3%AD.pdf/62a934f8-35b4-4577-a04b-ee11b82473c?version=1.0>
- Orjuela, H. (2013, Abril 26). *HIDRACO*. Retrieved Abril 29, 2016, from <http://www.hidraco.co/blog-hidraco/distritos-de-riego-en-colombia-una-necesidad-latente>

- Pérez Rojas, J. (2002). *Valoración Económica del Agua*. Merida, Venezuela: Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial, CIDIAT. Universidad de los Andes.
- PNN. (2013). *Plan de Manejo Parque Nacional Natural Paramillo*. Tierralta - Córdoba: Parques Nacionales Naturales de Colombia.
- PNN Paramillo-DTCA. (2013). *Plan de Manejo - Parque Nacional Natural Paramillo*. Montería - Córdoba.: Parques Nacionales Naturales de Colombia.
- Sharp, R., Tallis, H., Ricketts, T., Guerry, A., Wood, S., Chaplin-Kramer, R., . . . Bierbower, W. (2015). *InVEST +VERSION+ User's Guide*. The Natural Capital Project, Stanford University, University of Minnesota, The Nature Conservancy, and World Wildlife Fund.
- URRÁ S.A. E.S.P. (n.d.). *Guía de visitantes a la central hidroeléctrica Urrá 1*. Tierralta Córdoba: Empresa Urrá E.S.P.
- Young, R. (2005). *Determining The Economic Value of Water*. Whashington: Resources for the Future.