FORMULACIÓN DE MEDIDAS DE COMPENSACIÓN POR AFECTACIÓN DE ECOSISTEMAS GENERADA POR LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA URRA I EN EL PARQUE NACIONAL NATURAL PARAMILLO (PNNP) – DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA.

AUTORES:
KATHERIN LIZETH NEIRA JIMÉNEZ
CÓDIGO: 20101180046
KEVIN ANTONIO NEUSA GONZÁLEZ
CÓDIGO: 20101180047

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DEL MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
PROYECTO CURRICULAR DE INGENIERÍA AMBIENTAL
BOGOTÁ D.C
2016

FORMULACIÓN DE MEDIDAS DE COMPENSACIÓN POR AFECTACIÓN DE ECOSISTEMAS GENERADA POR LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA URRA I EN EL PARQUE NACIONAL NATURAL PARAMILLO (PNNP) – DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA.

AUTORES:
KATHERIN LIZETH NEIRA JIMÉNEZ
CÓDIGO: 20101180046
KEVIN ANTONIO NEUSA GONZÁLEZ
CÓDIGO: 20101180047

Trabajo de grado bajo la modalidad de pasantía presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Ambiental

Director Interno:
ADM. ESP. MSc. Pier Paolo Zúñiga Vargas
Director Externo:
ING. Antonio José Martínez Negrete

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DEL MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
PROYECTO CURRICULAR DE INGENIERÍA AMBIENTAL
BOGOTÁ D.C
2016

“Las ideas emitidas por los autores son de exclusiva responsabilidad y no expresan necesariamente opiniones de la universidad”

(Artículo 117, Acuerdo 029 de 1998).

NOTA DE ACEPTACIÓN

_____

_____

_____

_____

_____

ADM. ESP. MSC. Pier Paolo Zúñiga Vargas

_____

ING. Antonio José Martínez Negrete

Bogotá D.C. _____ **De 2016**

“….Cuando era niño, había un hombre viudo que vivía en la calle donde yo vivía. Tenía alrededor de ochenta años y daba miedo verlo. Pude conocerlo un poco. Creo que me pudo haber pagado por cortar su césped o algo así.

Un día me dijo ‘ven a mi garaje, quiero mostrarte algo'. Sacó su vieja y empolvada pulidora de rocas. Era un motor con una lata de café y una pequeña banda entre ellas. Me dijo ‘ven conmigo', fuimos por atrás y sacamos algunas rocas. Piedras feas, comunes y corrientes. Las pusimos en la lata con un poco de líquido, cerramos la lata y encendió el motor. Me dijo ‘ven mañana'.

Fui al siguiente día y abrimos la lata. Sacamos unas rocas pulidas bellísimas. Las mismas piedras comunes que habían entrado, se frotaron unas contra las otras, creando fricción, y un poco de ruido y salieron estas hermosas rocas pulidas.

Eso siempre ha estado en mi mente cuando pienso en un equipo trabajando muy duro en algo sobre lo que están apasionados. Es a través del equipo, a través de un grupo de gente extraordinariamente talentosa, chocando unos con otros, con argumentos, con peleas en ocasiones, con ruido y trabajando, como se pulen unos a otros y pulen sus ideas, y lo que sale son rocas hermosas".

Steve Jobs

Agradecimientos

Agradezco en primera medida a Kate, no pude haber pedido una compañera mejor para realizar este trabajo. Su perseverancia y fuerza de voluntad para sobreponerse ante cualquier adversidad son dignas de mi entera admiración, respeto y cariño. Sumado a todo lo anterior…es muy paciente.

A mis padres Orlando y Edith, y a mi hermano Felipe por sus consejos de vida, por apoyarme ante cualquier situación negativa y por inculcarme lo importante que es el estudio, que más allá de un título, una carrera profesional, me han enseñado que primero se debe ser buena persona.

A mis compañeros de carrera, de todos aprendí, y reconocí el potencial profesional y humano que poseen los estudiante de la universidad.

A nuestros directores de trabajo de grado, Antonio y Pier. Por sus aportes en el desarrollo de este documento.

Y a todo persona con la que haya tenido la oportunidad de departir y compartir, buenos momentos.

Kevin

A mis Padres por su total entrega y amor, y por ser el motor que me impulsa a seguir adelante

A mis Hermanas por inspirarme y alegrarme cada día con sus sonrisas

A mi compañero de tesis por su paciencia, amor y dedicación; y por aventurarse conmigo a llevar a cabo este proyecto

A nuestros directores por brindarnos su apoyo y guiarnos en este proceso

A mis profesores y compañeros quienes hicieron inolvidable esta etapa.

Y finalmente a mi Universidad y de nuevo a mis padres por brindarme la oportunidad de estudiar esta hermosa carrera.

Katherin

Tabla de Contenido

Introducción **16**

Planteamiento del problema **19**

Justificación **20**

Objetivos **22**

Objetivo General **22**

Objetivos Específicos **22**

Metodología **23**

Marco teórico **27**

Parque Nacional Natural Paramillo (PNN-Paramillo) **27**

Historia PNN-Paramillo. 27

Delimitación y localización político-administrativa del PNN-Paramillo. 28

Fisiografía PNN-Paramillo. 30

Caracterización Climática PNN-Paramillo. 32

Geología y geomorfología PNN-Paramillo. 35

Suelos PNN-Paramillo. 37

Hidrografía. 39

Biogeografía PNN-Paramillo. 41

Biomas PNN- Paramillo. 46

Ecosistemas PNN- Paramillo. 49

Biodiversidad representada en el PNN- Paramillo. 51

Central Hidroeléctrica de Urrá I **59**

Antecedentes históricos. 59

Caracterización de la hidroeléctrica Urrá I. 64
Infraestructura. 65
Aumento de la capacidad del embalse. 71
Acciones llevadas a cabo por la Empresa Urrá S.A. 72

Resultados 80

Impactos ambientales generados dentro del PNN-Paramillo por la hidroeléctrica Urrá I 80

Aumento de la población en zona de conservación por proceso licitatorio y compra de predios para la ejecución del proyecto hidroeléctrico Urrá I. 82
Deterioro de la capa orgánica del suelo por llenado del embalse. 83
Aceleración de procesos de eutrofización por el llenado del embalse, aumento en la temperatura del agua y disminución del oxígeno disuelto por el llenado del embalse. 84
Alteración en los aportes de caudal desde y hacia otras cuencas por el llenado del embalse. 86
Disminución de la porosidad y aireación del suelo por llenado del embalse. 88
Disminución poblacional de especies en peligro (animales y vegetales) o sin identificar por el llenado del embalse. 89
Aceleración de procesos erosivos por llenado del embalse. 102
Alteración de las geoformas iníciales por llenado del embalse. 104
Afectación de ecosistemas por llenado del embalse. 105
Alteración de paisajes naturales por llenado del embalse. 107
Disminución de la cobertura arbórea, arbustiva y herbácea por llenado del embalse. 108
Generación de conflictos por el uso del suelo de protección por el llenado del embalse. 110
Disminución de la población de peces y moluscos por pruebas de funcionamiento de la central hidroeléctrica. 110

Formulación de medidas de compensación por pérdida de biodiversidad 113

Especies Seleccionadas para la restauración de áreas dentro del parque. 120

Justificación de las especies seleccionadas. 123

Patrones de Siembra. 124

Costos de las medidas de Compensación. 125

Análisis de Resultados 134

Impactos ambientales 134

Cartografía 135

Presupuesto 139

Conclusiones 141

Recomendaciones 144

Referencias 147

Anexos 153

Lista de Tablas

Tabla 1. Descripción de los hechos cronológicos que han presidido a la declaración del Parque Nacional Natural Paramillo. 27
Tabla 2. División político administrativa del PNN Paramillo, según cruces de información cartográfica oficial IGAC..... 30
Tabla 3. Gradiente altotérmicos en el Nudo de Paramillo para los 12 meses del año .. 33
Tabla 4. Temperaturas medias estimadas en función de la altitud para los 12 meses del año en la Cordillera Occidental-Nudo de Paramillo..... 34
Tabla 5. Unidades litológicas presentes en el PNN Paramillo y su zona aledaña..... 36
Tabla 6. Clases de suelos encontradas en el PNN-Paramillo y sus características de uso. 38
Tabla 7. Unidades y distritos biogeográficos..... 42
Tabla 8. Ecosistemas más extensos, presentes en cada una de las unidades hidrográficas representadas al interior del PNN- Paramillo..... 49
Tabla 9. Datos generales de la estructura de captación 65
Tabla 10. Datos técnicos generales de la casa de máquinas 66
Tabla 11. Datos generales del rebosadero 68
Tabla 12. Datos generales del dique y la presa 68
Tabla 13. Datos del Sistema de desviación y descarga de fondo 69
Tabla 14. Datos generales Urrá I 70
Tabla 15. Datos comparativos antes y después del proyecto 72
Tabla 16. Porcentaje de financiación del Plan de Manejo del PNNP por parte de la Empresa Urrá..... 73
Tabla 17. Distribución de la cofinanciación entre Urrá y PNN..... 73
Tabla 18. Distribución de los recursos transferidos por Urrá entre el año 2000 y 2015 75
Tabla 19. Impactos atribuidos por Urrá I dentro del PNNP 80
Tabla 20. Especies del PNN Paramillo documentadas en el libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia (2012). 89
Tabla 21. Reclutamiento y biomasa establecidos para el bocachico P. magdalenae en la Cuenca del Rio Sinú (1997-2002) 92

Tabla 22. Concentraciones de mercurio encontradas en 4 especies de peces en el embalse de Urrá entre los años 2008 y 2010. 96
Tabla 23. Ecosistemas presentes antes de la inundación 113
Tabla 24. Subfactores de compensación según ecosistema afectado 114
Tabla 25. Coberturas de las zonas de compensación 117
Tabla 26. Distribución de las zonas a compensar. 118
Tabla 27. Número de individuos a plantar en las zonas de compensación de bosques naturales 125
Tabla 28. Número de individuos a plantar en las zonas de compensación de vegetación secundaria 126
Tabla 29. Costos por concepto de plántulas en las zonas de compensación de bosques naturales 126
Tabla 30. Costos por concepto de plántulas en las zonas de compensación de vegetación secundaria 126
Tabla 31. Costos por conceptos de insumos de cercado en las zonas de compensación de bosques naturales 127
Tabla 32. Costos por conceptos de insumos de cercado en las zonas de compensación de vegetación secundaria 127
Tabla 33. Costos por mano de obra para la construcción de cercas en la zona de bosques naturales 128
Tabla 34. Costos por mano de obra para la construcción de cercas en la zona de vegetación secundaria 128
Tabla 35. Costos de establecimiento primer año para las zonas de bosques naturales 128
Tabla 36. Costos de establecimiento primer año para las zonas de vegetación secundaria 129
Tabla 37. Costos de mantenimiento segundo año para las zonas de bosques naturales 130
Tabla 38. Costos de mantenimiento segundo año para las zonas de vegetación secundaria 130
Tabla 39. Costos parciales de investigación 132

T*abla 40.* Costos totales de las medidas de compensación (restauración e investigación) 132

Lista de Figuras

Figura 1: Localización del PNN Paramillo y jurisdicciones departamentales. 29
Figura 2: Unidades de relieve PNN-Paramillo. 31
Figura 3: Precipitación promedio multianual en el PNN Paramillo 33
Figura 4: Esquema de configuración de las placas tectónicas al NW de Colombia. 35
Figura 5: Mapa de localización de las cuencas y su relación con el área protegida (polígono negro) y proporción de las cuencas que están en jurisdicción del PNN-Paramillo. 39
Figura 6: Mapa de localización de los biomas y proporción de los biomas que están en jurisdicción del Parque y su representatividad porcentual con relación al SPNN y al total del país. 46
Figura 7: Registros fotográficos de los biomas/ecosistemas representados en el PNN Paramillo. Paramo de Paramillo - municipio de Peque (*arriba-izquierda*), Selva altoandina - cabeceras del rio esmeralda (*arriba-derecha*) selva subandina - Cerro Murrucucú sector el silencio (*abajo-izquierda*) y selva húmeda tropical - rio Sinú – verada la Gloria (*abajo-derecha*). 49
Figura 8: Sectores del AP que donde se ha adelantado investigaciones relacionadas con el conocimiento de la biodiversidad asociada. 52
Figura 9: Composición florística conocida del PNN Paramillo (arriba), y familias taxonómicas con mayor número de especies en el PNN Paramillo (abajo). 53
Figura 10: Bocachico/Prochilodus magdalenae (arriba-izquierda), mojarra amarilla/Caquetaia kraussi (arriba centro), charua/Brycom sinuensis (arriba-derecha), agujeta/Ctenolucios hujeta (abajo-izquierda), doncella/Augeneiosus pardalis (abajo-centro) y pechona/Gasteopelecus maculatus (abajo-derecha). 55
Figura 11: Caimán (*Crocodylus acutus*) 56
Figura 12: Pavon de pico amarillo (Crax rubra) tomada en la serrania de Abibe (Comunidad indigena Embera – Polines) zona de influencia del PNN Paramillo. 57
Figura 13: Registros fotográficos de algunas especies de mamíferos no voladores registradas en el sector Manso-Tigre, PNN Paramillo. De arriba-abajo y de izquierda-derecha: marmota (Marmosa murina), perezoso (Bradypus variegatus), mono tití

(Saguinus oedipuss), guartinaja o guagua (Cuniculus paca), Mono aullador rojo (Alouatta seniculus), la gran bestia (Cyclopes didactylus)..... 58
Figura 14: Especies de Tapires presentes en el Parque Nacional Natural Paramillo. Fuente: Tapirs of the world..... 59
Figura 15: Ubicación Hidroeléctrica Urrá I..... 64
Figura 16: Rebosadero antes (derecha) y después (izquierda). 72
Figura 17. Concentración de oxígeno disuelto, pH y materia orgánica en el embalse de Urrá. 84
Figura 18: Variación en los caudales descargados antes y después del embalse de Urrá. 87
Figura 19: Cambio de forma de cauce del rio Sinú en el municipio de Tierralta. 103
Figura 20: Puntos de muestreo -Estudio Epifitas 106
Figura 21: Aportes de biomasa en el embalse Urrá 107
Figura 22: Coberturas de uso del suelo 109
Figura 23: Coberturas Boscosas afectadas por el llenado del embalse..... 110
Figura 24: Anguilas recogidas por el peine o quita-hojas de rejilla de una central hidroeléctrica en el río Fulda, Alemania. 111
Figura 25: Tipos de turbinas y mortalidad de peces para cada una. 112
Figura 26. Zonas para realizar la compensación. 118

Lista de Anexos

Anexo 1. Matrices de Identificación y Valoración de Impactos Ambientales (Archivo adjunto .xlsx).

Anexo 2. Tabla Resumen Zona de Compensación Para Bosques Naturales (Archivo adjunto .xlsx).

Anexo 3. Tabla Resumen Zona de Compensación Para Vegetación Secundaria (Archivo adjunto .xlsx).

Anexo 4. Unidades de Siembra (Archivo adjunto .pdf).

Anexo 5. Tablas Costos de Compensación (Archivo adjunto .xlsx).

Anexo 6. Mapas (Archivos adjuntos .pdf).

Introducción

Parques Nacionales Naturales de Colombia (PNNC) es la Entidad del Estado, adscrita al Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), encargada de la administración y manejo de las 59 áreas protegidas que integran el Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia (SPNNC). Su objetivo, es la conservación de “áreas con valores excepcionales para el patrimonio nacional"(Art 327- Decreto 2811, 1974), que a su vez brindan bienes y servicios ambientales que benefician a una población estimada de 25 millones de colombianos, permiten la generación de energía eléctrica, soportan la producción agrícola y pesquera y sus bellezas paisajísticas las posicionan como áreas de interés para la industria del ecoturismo.

Considerando lo anterior, es función de PNNC formular los Planes de Manejo de cada una de las áreas del SPNNC, y a su vez, le corresponde coordinar el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP), del cual el SPNNC es un subsistema. El proceso de formulación y aprobación de cada uno de los Planes de Manejo de las áreas protegidas del SPNNC incorpora varias etapas o fases, partiendo de un diagnóstico y caracterización integral del área hasta las propuestas de zonificación y reglamentación del territorio protegido, dando como resultado las justificaciones y fines a los cuales debe apuntar el área protegida en su labor de conservación de áreas naturales.

Dentro de las diferentes áreas que componen el SPNNC se encuentran los Parques Nacionales Naturales (PNN), los cuales se caracterizan por poseer ecosistemas con la capacidad de autorregularse y cuya alteración por la explotación y actividad antrópica es muy baja. Sin embargo muchas de las áreas protegidas están siendo degradadas de forma acelerada por el desarrollo de actividades humanas no compatibles con su carácter de conservación.

El objeto del presente estudio se centra alrededor del PNN Paramillo, localizado en los departamentos de Córdoba y Antioquia en las cuencas de los ríos Sinú, San Jorge, Cauca y Atrato, teniendo el mayor porcentaje del territorio sobre las cuencas del Sinú y

el San Jorge. Actualmente el parque demanda la formulación de medidas de compensación que le retribuyan por la pérdida de biodiversidad en sus ecosistemas causada por la inundación de 417,18 hectáreas durante el llenado de la represa de Urrá I. Igualmente se debe evaluar la compensación por pérdida de biodiversidad, motivada por el cambio en los usos del suelo de tipo conservacionista que dinamizaron los megaproyectos hidroeléctricos Urrá I y II, para los cuales en sus fases preparatorias se construyeron carreteras, campamentos, y se levantó información socioeconómica (Censos de pobladores, estudios socioeconómicos, etc.); lo anteriormente señalado, generó expectativas laborales ocasionando un fenómeno de colonización, el cual se fue localizando alrededor de las vías recién abiertas, y sobre aquellos terrenos dónde se presumía que se construirían los embalses de las dos centrales hidroeléctricas. A raíz de estos impactos, disminuyó la abundancia de especies endémicas causando que algunas especies hoy se encuentren en peligro crítico de extinción.

El 28,3% de toda la cuenca y el 90% de la cuenca alta del río Sinú se localizan al interior del PNN Paramillo, esto representa el 74,6% del área protegida. De allí la importancia que tiene el territorio protegido del PNN Paramillo en términos de servicios ecosistémicos: Soporte de la producción pesquera de ciénagas y manglares; fuente de abastecimiento de los acueductos de al menos 20 entidades territoriales y soporte de la producción agrícola de al menos 6 distritos de riego y conservación de la cuenca alta del Sinú, de la cual se abastece la hidroeléctrica de Urrá I, generando el 2,3% de la producción energética total del país. (Empresa Urrá, 2015 y Plan de Manejo PNNP 2015-2019-Proceso de aprobación).

La central hidroeléctrica Urrá I es una de las principales fuentes de generación de energía eléctrica de la región caribe donde el principal cauce que abastece la central es el rio Sinú, el cual nace en el nudo de Paramillo (al interior del PNN Paramillo) y aporta un caudal promedio anual de 340 m3/s. (Empresa Urrá S.A. E.S.P, 2010).

La construcción y puesta en operación de la central hidroeléctrica, tiene como una de sus funciones principales no solo la generación de energía eléctrica si no también la prevención de inundaciones (aguas abajo de la presa), las cuales históricamente, han afectado una extensa zona del valle del Sinú. Cabe resaltar los estragos causados por

las inundaciones del año 1988 que afectaron 17 municipios del departamento de Córdoba, incluida su capital Montería (Caracol Radio, 2007).

Después de la construcción de la presa se han amortiguado crecientes del río Sinú, sin embargo al retenerse estas aguas se generan zonas de inundación en la cuenca alta, que sumado a la modificación artificial de cauces generan impactos tanto aguas arriba como aguas abajo de la presa.

Debido a lo anterior la central hidroeléctrica de Urrá ha sido inquirida de manera frecuente por diferentes autoridades ambientales y la academia nacional como un proyecto que debe estudiarse y analizarse minuciosamente en pro de prevenir eventos como los ya mencionados y de formular medidas que de manera objetiva prioricen y garanticen la conservación de ecosistemas bajo el amparo de la ley 99 del 93 en su artículo 2 , el cual dictamina que el MADS, coordinará el Sistema Nacional Ambiental SINA, para asegurar la adopción y ejecución de las políticas y de los planes, programas y proyectos respectivos, en orden a garantizar el cumplimiento de los deberes y derechos del Estado y de los particulares en relación con el medio ambiente y con el patrimonio natural de la Nación.

Planteamiento del Problema

La situación problema radica en que las medidas de compensación llevadas a cabo por la central hidroeléctrica Urrá I en cumplimiento normativo frente a la inundación de 417,18 hectáreas pertenecientes al PNN Paramillo no fueron las adecuadas para retribuir el daño hacia los ecosistemas afectados, ya que el parque sólo recibió recursos por parte de la empresa Urrá por un periodo de 10 años para la cofinanciación del plan de manejo ambiental del parque (Empresa Urrá S.A. E.S.P, 2010), medida que no es suficiente para asegurar la conservación de los recursos naturales del parque (los cuales la empresa requiere para su funcionamiento) ya que las medidas de compensación como reforestación se dieron fuera del área protegida, e incluso algunas especies rescatadas fueron llevadas fuera de sus ecosistemas naturales y nunca se llevó a cabo una actividad de reintroducción de dichas especies.

Adicionalmente, el área administrativa del PNN P no posee y no ha recibido los recursos necesarios para dar respuesta a las problemáticas suscitadas por Urrá. Lo anterior se refleja en el estado actual de varias especies del parque que no han logrado recuperarse de las perturbaciones generadas por la hidroeléctrica. Se debe tener en cuenta que entre las especies impactadas se encuentran especies endémicas del parque, cuyo nivel de conocimiento antes de los impactos generados era netamente empírico. Por otro lado no se sabe con claridad si el proyecto llegó a extinguir especies nunca antes estudiadas para el parque.

De acuerdo a lo anterior las problemáticas del parque no sólo giran alrededor de los impactos directos generados por Urrá, sino que también se dan por la baja suficiencia de datos investigativos para algunas especies, lo cual acentuó aún más las afectaciones generadas por Urrá.

Justificación

El proyecto desarrollado en PNNC bajo la modalidad de pasantía, busca la formulación de las medidas de compensación adecuadas para garantizar la conservación de un área con especial importancia ecosistémica debido a la prestación de bienes y servicios ambientales para la región Caribe. La biodiversidad del parque contempla distintos ecosistemas en los cuales distintas especies interactúan dando lugar al zonobioma húmedo tropical y al orobioma bajo de los Andes, ambos afectados por la hidroeléctrica (PNNC, 2014).

El presente documento cuantifica la pérdida de ecosistemas naturales terrestres continentales y de vegetación secundaria y analiza cómo dicha pérdida se le atribuye a las distintas etapas de ejecución del proyecto hidroeléctrico Urrá I. Posteriormente se plantean medidas compensatorias para los ecosistemas terrestres afectados por la inundación de 417,18 hectáreas, lo cual se realizó siguiendo los lineamientos de la resolución 1517 de 2012 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) “Manual para la asignación de compensaciones por pérdida de biodiversidad”, el cual determina cuánto, cómo y dónde compensar dependiendo de las características ecológicas del área afectada.

A pesar de que sólo se formularán medidas de compensación en ecosistemas terrestres, este documento pretende ser también una base para que futuros proyectos se centren en la formulación de medidas compensatorias de ecosistemas dulceacuícolas cuya afectación por la hidroeléctrica se analiza en el presente trabajo. Así mismo se espera que los impactos aquí estudiados sean tenidos en cuenta por otros proyectos para que desde un inicio se formulen medidas de prevención y no se llegue hasta el punto de la compensación, principalmente para aquellas especies y ecosistemas altamente sensibles a perturbaciones.

Finalmente se espera que el proyecto de pasantía “Formulación de medidas de compensación por afectación de ecosistemas generada por la central hidroeléctrica Urrá

I en el Parque Nacional Natural Paramillo (PNNP)" logre responder la siguiente pregunta: ¿Cuáles son las medidas de compensación idóneas para retribuir el daño generado a los ecosistemas terrestres del PNN Paramillo durante la etapa de llenado del proyecto hidroeléctrico Urra I?

Objetivos

Objetivo General

Formular las medidas de compensación que logren retribuir al PNN Paramillo por los impactos generados en las distintas etapas del proyecto hidroeléctrico Urrá I.

Objetivos Específicos

- Identificar los impactos que generaron pérdida de biodiversidad dentro del PNN Paramillo mediante el análisis de información secundaria.
- Valorar y jerarquizar impactos ambientales, con el fin de determinar aquellos que requieran medidas de compensación.
- Cuantificar en términos de área las zonas afectadas dentro del PNN Paramillo debido a la ejecución de las distintas etapas del proyecto hidroeléctrico Urrá I.
- Identificar el factor total de compensación, ponderando los subfactores de rareza, tasa de transformación, representatividad y remanencia de ecosistemas presentes en las zonas afectadas del PNN Paramillo, en concordancia con la resolución 1517 de 2012 del MADS “Manual para la asignación de compensaciones por pérdida de biodiversidad”.
- Determinar el área que debe sanear ambientalmente la central hidroeléctrica Urrá I, como medida de compensación por la afectación de ecosistemas estratégicos, siguiendo los lineamientos de la resolución 1517 de MADS.

Metodología

El proyecto “Formulación de medidas de compensación por afectación de ecosistemas generada por la central hidroeléctrica Urra I en el Parque Nacional Natural Paramillo (PNNP) – Departamento de Córdoba.”, pertenece a la línea de evaluación ambiental y para el desarrollo satisfactorio del mismo se programaron las siguientes etapas y actividades en su respectivo orden:

1. Recolección de información secundaria: Identificar las instituciones, sitios, bibliotecas y recursos electrónicos requeridos para el análisis de la problemática actual en el PNN Paramillo.

2. Revisión preliminar de documentos: Definir los aspectos más relevantes de cada documento que estén relacionados a la pérdida de biodiversidad debida a la ejecución del proyecto Hidroeléctrico Urrá I.

3. Síntesis de Documentación en las siguientes etapas:

   3.1. Análisis del Contexto Histórico.
   3.2. Caracterización de la zona de estudio.
   3.3. Identificación de las problemáticas ambientales de la zona.

4. Análisis de los impactos ambientales atribuidos a la Hidroeléctrica Urrá I:
   4.1. Identificación de impactos mediante la revisión de información secundaria.
   4.2. Jerarquización de impactos: elaboración de matrices de identificación y valoración de impactos mediante la metodología CONESA. Esta metodología consiste en calificar la interacción entre factores ambientales y las actividades impactantes del proyecto. Esto se realiza mediante la calificación de varios criterios cualitativos (naturaleza, intensidad, extensión, momento, persistencia, reversibilidad, sinergia, acumulación, efecto, periodicidad y recuperabilidad). Posteriormente se calcula la importancia del impacto utilizando la siguiente fórmula:

$$\mathbf{I = \pm(3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + RB)}$$

   En donde;

IN: Intensidad
MO: Momento
RV: Reversibilidad
AC: Acumulación
PR: Periodicidad
I: Importancia

EX: Extensión
PE: Persistencia
SI: Sinergia
EF: Efecto
RB: Recuperabilidad

Luego se calcula la magnitud del impacto, dada por la fórmula:

Magnitud = (0,3 IN) + (0,4 EX) + (0,4 PE)

Finalmente se multiplican los factores importancia y magnitud para obtener el tipo de impacto, factor que permite identificar y jerarquizar los impactos negativos y positivos en orden de relevancia. Para el caso de estudio se identificaron aquellos impactos negativos críticos y severos que generaron la pérdida de biodiversidad dentro del parque.

5. Elaboración de cartografía para la cuantificación e identificación de los ecosistemas afectados dentro del PNN Paramillo en los siguientes pasos:
   5.1. Digitalización del perímetro del PNN Paramillo.
   5.2. Digitalización de ríos del PNN Paramillo.
   5.3. Digitalización del mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia (2007).
   5.4. Digitalización de unidades biogeográficas de Colombia.
   5.5. Intersección del mapa de ecosistemas con las unidades biogeográficas.
   5.6. Adquisición de fotografías aéreas del PNN Paramillo de años anteriores a la etapa de llenado del embalse.
   5.7. Fotointerpretación y digitalización de las coberturas vegetales previas a la inundación.
   5.8. Asignación de subfactores compensación para cada tipo de ecosistema según el listado de factores de compensación del “Manual para la asignación de compensaciones por pérdida de biodiversidad”. En esta metodología se establecen subfactores de compensación los cuales son:

- Representatividad: Definida como el porcentaje mínimo necesario de una unidad de análisis, para asegurar su representación en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas – SINAP en términos de la meta de conservación.
- Rareza: se refiere a la singularidad de un ecosistema- bioma /distrito biogeográfico en un área estudio y generalmente se caracterizan por altos niveles de endemismo de especies.
- Remanencia: Definida como el porcentaje remanente de área en estado natural de cada unidad de análisis.
- Tasa de transformación anual: se refiere la tasa de pérdida anual de cobertura natural de un ecosistema-bioma distrito, provocada por acción antrópica y/o natural.

5.9. Ponderación de subfactores, determinando el factor total de compensación y el área que debe compensar la hidroeléctrica por la pérdida de biodivdersidad.

5.10. Digitalización de coberturas de uso de la tierra del PNN Paramillo del año 2007.

6. Selección de zonas para realizar la compensación:
   6.1. Identificación de ecosistemas equivalentes.
   6.2. Identificación de zonas de presión dentro del parque.
   6.3. Intersección entre los ecosistemas equivalentes y las zonas de presión.
   6.4. Jerarquización de las áreas obtenidas en el punto anterior determinando aquellas cuyo estado sea crítico y requieran acciones de recuperación.
7. Caracterización de las zonas donde se realizará la compensación:
   7.1. Digitalización de los mapas de suelos de Córdoba y Antioquia y de las curvas de nivel del parque.
   7.2. Digitalización del mapa de biomas para identificar las condiciones de precipitación y temperatura de la zona relacionando los biomas con las zonas de vida de Holdridge.
8. Selección de las medidas de compensación que se llevarán a cabo.
9. Determinación de las especies con las que se compensarán las zonas seleccionadas dentro del parque; se deben priorizar aquellas especies endémicas del parque y las

que se encuentren bajo alguna categoría de amenaza tanto a nivel nacional como internacional.

10. Evaluación de los aspectos técnicos del proyecto tales como presupuesto, determinación de individuos por cada especie, número de especies, entre otros.
11. Entrega, sustentación y publicación del documento final en el repositorio institucional de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Marco Teórico

Parque Nacional Natural Paramillo (PNN-Paramillo)

Historia PNN-Paramillo.

El PNN Paramillo, es un área protegida de orden nacional y de utilidad pública, localizada en el extremo norte de la cordillera occidental de los andes colombianos, entre los departamento de Córdoba y Antioquia. En este se protege los ecosistemas naturales del Alto Nudo del Paramillo y gran parte de las estribaciones de las serranías de Abibe, San Jerónimo y Ayapel.

El PNN Paramillo fue creado mediante el acuerdo No 024 del 2 de Mayo de 1977 emanado de la Junta Directiva del Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente – INDERENA, mediante el cual se reserva, alinda y declara como Parque Nacional Natural un área ubicada en los Departamentos de Córdoba y Antioquia. Posteriormente, la resolución ejecutiva No. 163 del 6 de Julio de 1977, expedida por el Instituto Colombiano de Reforma Agraria –INCORA, ratifica la declaración del Parque Nacional Natural.

Tabla 1. Descripción de los hechos cronológicos que han presidido a la declaración del Parque Nacional Natural Paramillo.

Fecha	Acción	Cartografía	Observaciones
Año 1959	Se aprueba la ley 2ª y se declara la Reserva Forestal del Pacifico	Base 1:1.200.000	El área que posteriormente fue declarada como Parque Nacional Natural estaba contenida en ésta reserva
2 de mayo de 1977	La junta directiva del Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente- INDERENA expidiera el acuerdo No 024	Base 1:500.000	La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, al emitir el concepto previsto en el artículo 6 del Decreto 0622 de 1977, se pronunció favorablemente en la declaración del PNN Paramillo; por lo tanto el INDERENA reserva, alinda y declara como Parque Nacional Natural un área ubicada en los

			Departamentos de Córdoba y Antioquia
6 de Julio de 1977	Se expide la resolución No 163 de 1977, por la cual se aprueba el acuerdo No 024	Mapa oficial del PNN Paramillo	Ministerio de agricultura a través del INCORA soporta el acto mediante la entrega de un mapa de PNN Paramillo

Nota. Fuente: PARQUE NACIONAL NATURAL PARAMILLO - DTCA. 2014. Plan de Manejo 2014 - 2019 Parque Nacional Natural Paramillo. Parques Nacionales Naturales de Colombia. 4 pp.

Delimitación y localización político-administrativa del PNN-Paramillo.

El PNN Paramillo se delimita y reserva según la resolución 163 de julio 6 de 1977, en un área de cuatrocientas sesenta mil (460.000) hectáreas aproximadamente, ubicado dentro de las jurisdicciones municipales de Tierralta y Montelíbano en Córdoba, e Ituango, Dabeiba y Peque en Antioquia. En su momento la resolución 163 de 1977 otorgó un mapa en físico el cual delimitaba los mojones del PNN Paramillo, pero debido a que su delimitación tomó como referencia un mapa base de escala 1:500.000, la localización de los mojones no es la precisa, evidenciándose una inconsistencia de tipo cartográfico y toponímico al comparar la ubicación de los mojones con el mapa oficial del parque.

De acuerdo con la resolución que declara al PNN Paramillo y según indican los limites departamentales oficiales que ofrece el IGAC, se estima que un 75% del área protegida está en jurisdicción del departamento de Córdoba y el 25% en Antioquia. Sin embargo, si se analizan los límites del Parque a partir de la cartografía oficial del Instituto Geográfico Agustín Codazzi- IGAC, se estima que aproximadamente el 74,14% de Parque está localizado en jurisdicción de Córdoba, mientras que el 25,86% se encuentra en territorio antioqueño (Ver figura 1). Con base en la información cartográfica oficial IGAC, este tiene jurisdicción en 11 municipios, Carepa, Chigorodó, Dabeiba, Tarazá, Ituango, Mutatá y Peque (pertenecientes a Antioquia) y Montelíbano, Tierralta, Puerto Libertador, San José de Uré en Córdoba. No obstante, se debe tener en cuenta que los municipios aledaños en la serranía de Abibe (Carepa, Chigorodó y Mutatá) no tendrían jurisdicción en el AP, sino que por efectos de la escala de la información cartográfica,

estos se muestran en condición de traslape; situación que en terreno no es real ya que tanto los linderos del Parque Nacional como los de los municipios antes mencionados justamente se definen por el divorcio de aguas de la serranía.

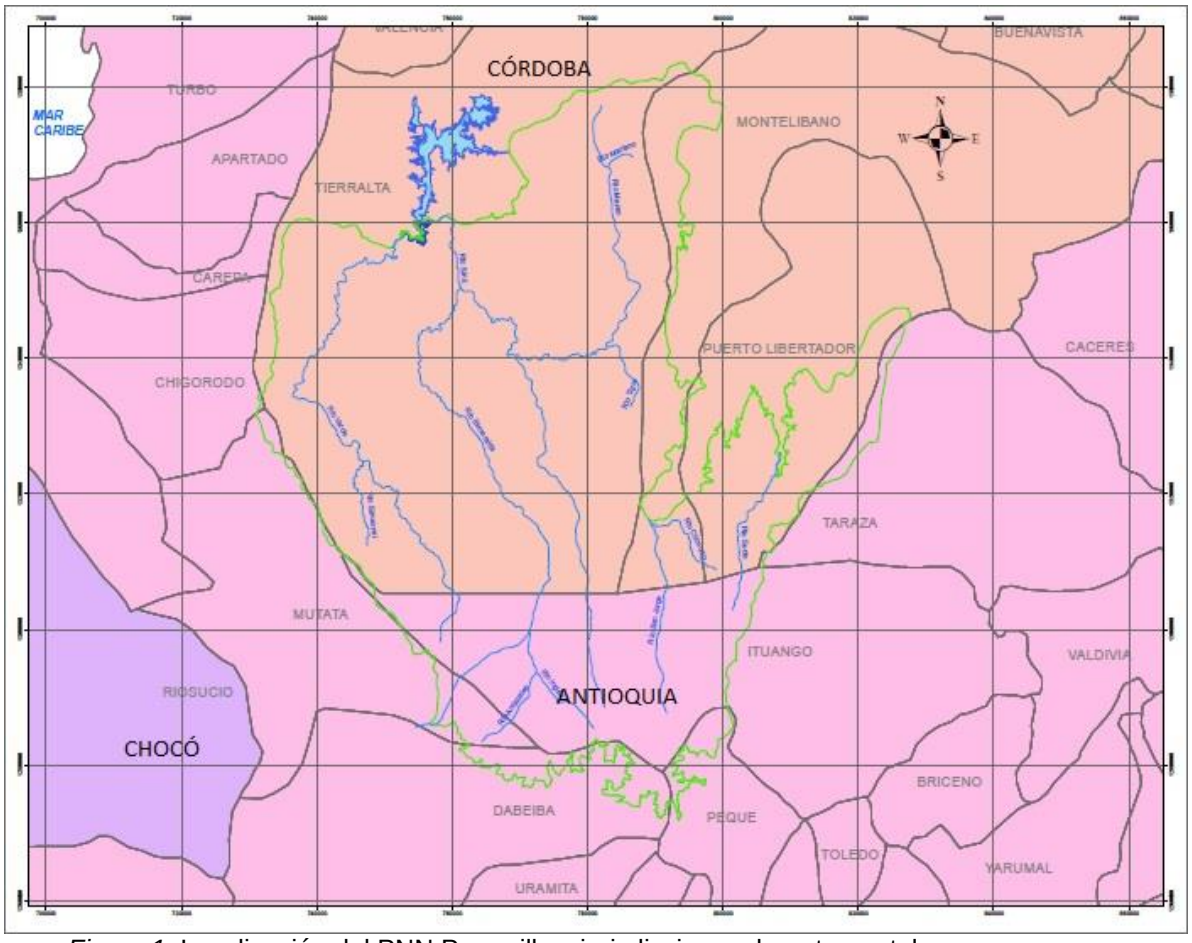


Figura 1: Localización del PNN Paramillo y jurisdicciones departamentales.
Fuente: Autores.

Por su parte, al analizar la correspondencia del AP por jurisdicción municipal, se expresa en la resolución No. 163 de 1977, que son cinco los municipios con área dentro del Parque, estos son: Tierralta, Montelibano, Dabeiba, Peque e Ituango. No obstante, posterior a la declaración de esta área protegida se han creado dos municipios que comparten jurisdicción con el Parque, estos son: Puerto Libertador y San José de Uré, ambos en el departamento de Córdoba. De igual modo el análisis de información cartográfica ha permitido identificar que el municipio de Tarazá tiene jurisdicción dentro del Parque (Tabla 2).

Tabla 2. División político administrativa del PNN Paramillo, según cruces de información cartográfica oficial IGAC

		Resultados según cartografía oficial IGAC – Vigente			
Departamento	**Municipio**	**Extensión Total del Municipio (ha.)**	**% del municipio en figura de AP.**	**Extensión (ha) del municipio en figura de AP.**	**% del AP en jurisdicción del municipio**
Córdoba	**Tierralta**	492.963,0	63,66%	313.718,8	58,86%
	Montelibano	153.449,2	18,49%	28.388,4	5,33%
	Puerto libertador	165.073,1	30,51%	50.426,0	9,46%
	San José de Uré	51.114,7	5,13%	2.642,1	0,50%
	Total Córdoba			395.175,3	74,42%
Antioquia	**Ituango**	227.030,2	47,83%	108 595,2	20,38%
	Peque	43.668,9	16,18%	7 066,6	1,33%
	Dabeiba	199.932,0	5,71%	11 421,1	2,14%
	Tarazá	173.044,2	4,63%	8 007,3	1,50%
	Mutatá	122.721,0	1,87%	2 293,8	0,43%
	Chigorodó	72.122,2	0,30%	219,9	0,04%
	Carepa	38.822,8	0,47%	183,9	0,03%
	Total Antioquia			137.787,8	25,58%
TOTAL				532.964,1	100,00%

Nota. Fuente: PARQUE NACIONAL NATURAL PARAMILLO - DTCA. 2014. Plan de Manejo 2014 - 2019 Parque Nacional Natural Paramillo. Parques Nacionales Naturales de Colombia. 14 pp.

Fisiografía PNN-Paramillo.

Relieve.

El parque hace parte de las serranías de Abibe, San Jerónimo y Ayapel, presentando una compleja diversidad de relieve entre los que se encuentran filas y Vigas con 339.292 hectáreas que representan el 63,78% de la extensión del Parque, seguido de los espinazos con 86.029,6 hectáreas (16,17%) y lomas y colinas con 47.674,6 hectáreas. (8,96%).

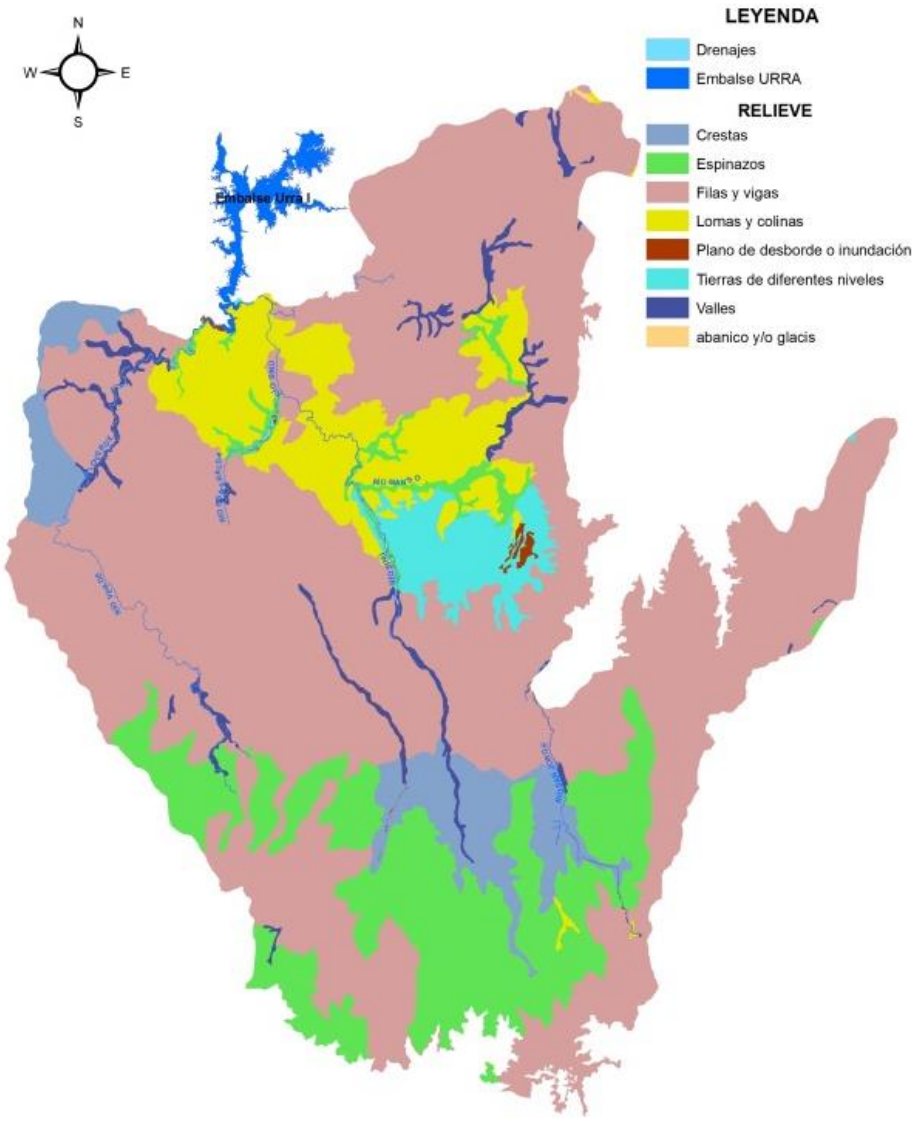


Figura 2: Unidades de relieve PNN-Paramillo.
Fuente: PARQUE NACIONAL NATURAL PARAMILLO - DTCA. 2014. Plan de Manejo 2014 - 2019 Parque Nacional Natural Paramillo. Parques Nacionales Naturales de Colombia.

Esta compleja diversidad de relieves se presenta en un gradiente altitudinal entre los 120 y 3.960 metros de altitud. Las máximas elevaciones corresponden al Páramo de Paramillo (3.960 m), Alto Tres Morros (3.400 m), Alto de Carepa (1.200 m), Alto de Carrizal (2.200 m) Alto del Oso (1.000 m), Cerro Murrucucú (1270 m), Cerro Flecha (900 m), Cerro Tamaná (900 m). Otros relieves característicos del Parque lo constituyen los

planos inundables de los ríos Manso y Tigre localizados en la zona céntrica del Parque, y las planicies aluviales de los ríos Verde, Esmeralda, Sinú y San Jorge principalmente.

Caracterización Climática PNN-Paramillo.

Precipitación.

Los mínimos volúmenes de lluvias dentro del PNN Paramillo, oscilan entre los 1.500 a 2.000 mm de agua, los anteriores valores se registran hacia el extremo nororiental (cerro Murrucucú, en los nacimientos del río Manso, quebradas La Jui, La Chica, Ratón y Tolová).

La mayor extensión del Parque (hacia el norte, centro y sur) se presentan volúmenes de 2.000 a 3.000 mm, localizados en la parte alta de cuenca del Sinú exceptuando el sector occidente de la misma, la cuenca alta de rio San Jorge, Ituango, Peque y Sucio; mientras que los máximos volúmenes de 3.000 a 4.000 mm, se localizan hacia el extremo oriental, localizados en la cuenca alta del río Tarazá (nacimiento del río San Agustín) y San Jorge (nacimiento del río San Pedro).

Hacia el extremo occidental de PNN Paramillo las precipitaciones van de 3.000 a 4.000 mm; localizados en la parte alta de la microcuenca del río Esmeralda y los máximos volúmenes en el Parque de 4.000 a 5.000 mm, se localizan en la parte alta de la microcuenca del río Verde. Estos máximos volúmenes de precipitación hacia el occidente del Área Protegida, son causados quizás por la formación de masas nubosas provocadas por el ascenso de las corrientes húmedas procedentes especialmente del océano Pacífico y del golfo de Urabá, que a su paso por la vertientes a barlovento de la Cordillera Occidental, descargan gran parte del vapor de agua en forma de precipitación. (PNNC, 2014)

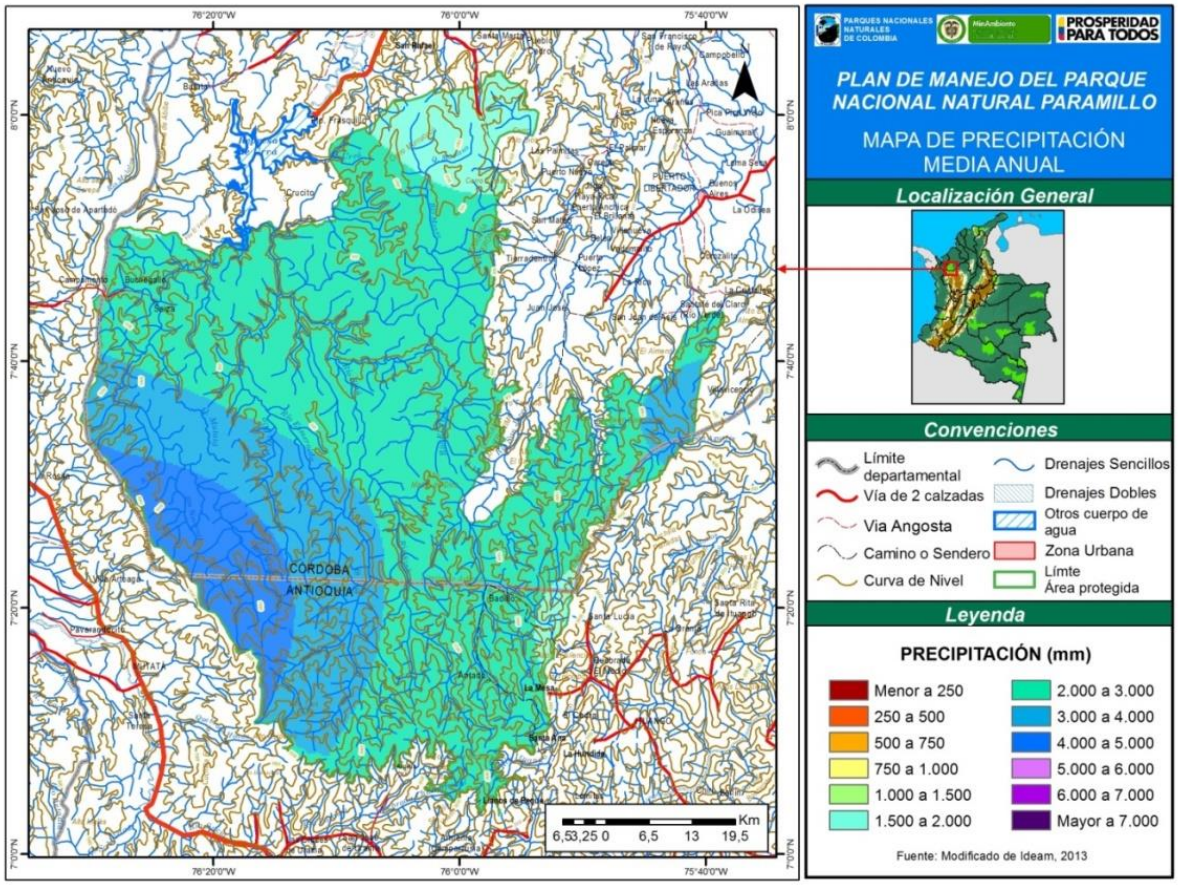


Figura 3: Precipitación promedio multianual en el PNN Paramillo
Fuente: PARQUE NACIONAL NATURAL PARAMILLO - DTCA. 2014. Plan de Manejo 2014 - 2019 Parque Nacional Natural Paramillo. Parques Nacionales Naturales de Colombia.

Temperatura del aire.

El PNN Paramillo registra alturas desde los 150 hasta los 3.900 m.s.n.m. lo que indica que hay un rango amplio de temperatura. La temperatura media en estas áreas se caracteriza por tener los llamados pisos térmicos, que son causados por la disminución de la temperatura con el aumento de altura sobre el nivel del mar.

Tabla 3. Gradiente altotérmicos en el Nudo de Paramillo para los 12 meses del año

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Gradiente (ºc/100m)	-0,50	-0,49	-0,48	-0,49	-0,45	-0,44	-0,43	-0,44	-0,46	-0,47	-0,47	-0,49

Nota. Fuente: PARQUE NACIONAL NATURAL PARAMILLO - DTCA. 2014. Plan de Manejo 2014 - 2019 Parque Nacional Natural Paramillo. Parques Nacionales Naturales de Colombia.

En las zonas altitudinales por debajo de los 1.000 metros se registran temperaturas entres los 21 y 27°C. Entre los 1.000 y los 2.000 la temperatura presenta promedios anuales entre los 21°C y los 17°C, sin mayores variaciones a lo largo del año. Por encima de los 2.000 metros altitud se evidencia que las variaciones mensuales de la temperatura son más variables, mostrándose los meses de mayo junio, julio y agosto los de mayor incremento. Particularmente, las elevaciones mayores 3.900 metros; las cuales corresponden a la zona paramunas del Parque, presentan temperaturas del aire entre 8-10°C entre los meses de mayo y agosto, mientras que el resto de meses tiende a presentar registros entre 6°C y 8°C en promedio, no obstante el promedio anual para esta franja altitudinal es de 8ºC.

Tabla 4. Temperaturas medias estimadas en función de la altitud para los 12 meses del año en la Cordillera Occidental-Nudo de Paramillo.

Elevación (msnm)/Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
4200	6,4	6,6	7,0	7,0	8,2	8,6	9,0	8,7	7,8	7,5	6,9	6,4	7,4
3900	7,6	7,8	8,4	8,5	9,5	10,0	10,3	10,0	9,1	8,5	8,4	7,9	8,8
3600	9,1	9,4	9,9	10,0	10,9	11,3	11,6	11,3	10,5	10,0	9,8	9,4	10,2
3300	10,6	10,9	11,3	11,4	12,2	12,6	12,9	12,6	11,9	11,4	11,2	10,8	11,6
3000	12,0	12,3	12,8	12,9	13,6	13,9	14,2	13,9	13,2	12,8	12,6	12,3	13,1
2700	13,5	13,8	14,2	14,3	15,0	15,3	15,4	15,3	14,6	14,2	14,0	13,8	14,5
2400	15,0	15,3	15,7	15,8	16,3	16,6	16,7	16,6	16,0	15,6	15,5	15,2	15,9
2100	16,5	16,8	17,1	17,2	17,7	17,9	18,0	17,9	17,4	17,0	16,9	16,7	17,3
1800	18,0	18,3	18,6	18,7	19,1	19,2	19,3	19,2	18,7	18,4	18,3	18,1	18,7
1500	19,5	19,7	20,0	20,2	20,4	20,6	20,6	20,5	20,1	19,8	19,7	19,6	20,1
1200	21,0	21,2	21,5	21,6	21,8	21,9	21,9	21,8	21,5	21,2	21,1	21,1	21,5
900	22,5	22,7	22,9	23,1	23,1	23,2	23,2	23,1	22,8	22,7	22,6	22,5	22,9
600	24,0	24,2	24,4	24,5	24,5	24,5	24,5	24,4	24,2	24,1	24,0	24,0	24,3
300	25,5	25,6	25,8	26,0	25,9	25,9	25,8	25,7	25,6	25,5	25,4	25,5	25,7
0	27,0	27,1	27,3	27,4	27,2	27,2	27,1	27,0	27,0	26,9	26,8	26,9	27,1

Nota. Fuente: PARQUE NACIONAL NATURAL PARAMILLO - DTCA. 2014. Plan de Manejo 2014 - 2019 Parque Nacional Natural Paramillo. Parques Nacionales Naturales de Colombia.

Humedad Relativa.

La humedad relativa sobre el PNN Paramillo se presenta desde 80,0 a 90,0 %; los menores valores de 80,0 a 85,0% se localizan en el norte de parque en alrededor del cerro Murrucucú, en los nacimientos del río Manso, quebradas La Jui, La Chica, Ratón y Tolová, también en el sur localizados en la parte alta de cuenca del Sinú, cuenca alta de rio San Jorge, Ituango, Peque y hacia el extremo oriental, localizados en la cuenca alta

del río Tarazá (nacimiento del río San Agustín) San Jorge (nacimiento del río San Pedro y Sucio). Mientras que los valores más altos van de 85,0 a 90,0% se localizan en el centro y occidente del Parque en la microcuencas de los ríos Manso, Tigre, Esmeralda y Verde afluentes del río Sinú.

Evaporación.

Los valores de evaporación que se presenta en el PNN Paramillo van de 900 a 1.500 mm promedios multianuales; los máximos valores de 1.300 a 1.500 mm se localizan en el norte del Parque en los nacimientos de las quebradas la Jui y Tolová; los valores disminuyen en el centro y occidente del Parque de 1.110 a 1.300 mm, se localizan en la microcuencas de los ríos Manso, Tigre, Esmeralda y Verde afluentes del río Sinú. (PNNC, 2014)

Geología y geomorfología PNN-Paramillo.

El Parque Nacional Natural Paramillo se localiza en la esquina noroccidental Suramericana, área de confluencia de las placas tectónicas, Nazca, Caribe y Suramérica. El resultado del esfuerzo compresional y los diferentes movimientos de los terrenos involucrados ha dado lugar al establecimiento de grandes bloques o provincias geotectónicas las cuales tienen particularidades de índole geológica y estructural.

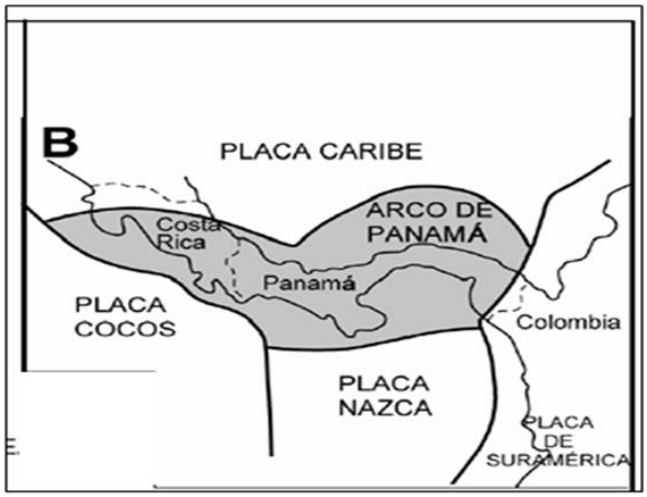


Figura 4: Esquema de configuración de las placas tectónicas al NW de Colombia.
Fuente: PARQUE NACIONAL NATURAL PARAMILLO - DTCA. 2014. Plan de Manejo 2014 - 2019 Parque Nacional Natural Paramillo. Parques Nacionales Naturales de Colombia.

En el límite suroccidental del PNN Paramillo se presentan una serie de lineamientos y fallas de tendencia N-S como son la falla Peque, Cauca Almaguer, Santa Rita, Ituango y la falla San Jorge, en este sector las estructuras ponen en contacto rocas metamórficas del grupo Cajamarca al oriente con sedimentitas oceánicas del Miembro Nutibara de la formación Penderisco al occidente, denotando la zona de contacto entre el bloque de la cordillera Central y la cordillera Occidental, respectivamente. Las evidencias geomorfológicas de esta zona de falla están asociadas con cañones profundos de corrientes alineadas en sentido S-N. En el sistema Cauca Almaguer se ha evidenciado actividad neotectónica.

La Estratigrafía de los terrenos del Parque Nacional Natural Paramillo han sido formados durante los últimos 140 millones de años, geológicamente son materiales jóvenes que fueron acumulados bajo ambientes oceánicos y continentales, la mayoría en ambientes oceánicos (PNNC, 2014). A continuación se describen de manera breve las unidades litológicas que conforman los terrenos del Parque y su zona aledaña:

Tabla 5. Unidades litológicas presentes en el PNN Paramillo y su zona aledaña.

Cordillera	Formación	Descripción
Occidental	Formación Barroso (Ksvb)	Hace parte del grupo Cañasgordas definido por (Álvarez & González, 1978) y está constituida por rocas volcánicas. Se identifica en el extremo oriental del Parque y su zona amortiguadora, en cercanías de La Caucana, Versalles y San Juan de asis en la cuenca del río San Jorge y al oriente del río Sucio (tributario del río San Jorgeo).
	Rocas Volcánicas de la X (Ksvx)	Secuencia de rocas volcánicas de génesis oceánica e encuentran en Dabeiba y Mutatá, esta unidad está distribuida al occidente de la zona de cizalla del río Porroso y pertenece al bloque Urabá
	Formación Penderisco. Miembro Nutibara (Ksn)	De edad Cretáceo tardío (González, 2001) son un conjunto de rocas sedimentaria pertenecientes al grupo Cañasgordas. En el área del Parque este miembro domina los relieves escarpados ubicados meridionalmente hacia la cordillera Occidental y al occidente del río Sinú a la altura del valle del río Manso.

	Formación Penderisco. Miembro Urrao (Ksu	Miembro siliciclástico de la Formación Penderisco, conformado por secuencias de limolitas, grawacas y arcillolitas, localmente conglomerados y chert. El Miembro se encuentra ampliamente plegado y fallado. Se encuentra distribuida hacia los altos del sector sur del Parque en su área aledaña.
	Bloque San Jacinto – Serranía de San Jerónimo	Lo conforman las siguientes formaciones geológicas: Formación Cansona (Ksc) o Formación San Cayetano Inferior, Formación San Cayetano Superior (Pgsc), Formación Ciénaga De Oro (Pgoco), Formación El Carmen (Ngmc), Formacion Cerrito (Ngmpc), Formación Marralú (Pgom), Formación Cansona (Ksc): Al norte del límite del Parque, al oriente de la población de Crucito, - Formación San Cayetano Superior (Pgsc) en el sector nororiental del área amortiguadora, - Bloque Sinú – Serranía de Abibe, Formación Corpa (Ngmpco) hacia el límite occidental de la zona amortiguadora, entre las poblaciones de San José y Villarteaga
	Bloque Sinú – Serranía de Abibe	Lo conforman las siguientes formaciones geológicas: Formación Pajuil (Ngmp), Terrazas fluviales (Ft) y Planicies de inundación (Fp).
Central	Grupo Cajamarca (Pze	Grupo Cajamarca (Pze): Se identifican en el extremo sur oriental de la zona amortiguadora, al oriente del río San Agustín.

Nota. Fuente: PARQUE NACIONAL NATURAL PARAMILLO - DTCA. 2014. Plan de Manejo 2014 - 2019 Parque Nacional Natural Paramillo. Parques Nacionales Naturales de Colombia.

Suelos PNN-Paramillo.

De acuerdo al estudio general de suelos y zonificación de tierra del departamento de Córdoba (Instituo Geográfico Agustín Codazzi, 2009), se presentan para el área correspondiente al PNN Paramillo diferentes clases de suelos, en cuento a su capacidad de uso. Es así como al visualizar el mapa de capacidad de uso de suelos, se observa en el área, 5 clases de suelos; los cuales corresponden a las clases agrológicas 3, 4, 5, 6 y 7. Al respecto y en términos generales, se observa que la mayor área del PNN Paramillo, se encuentra con clase de suelo 7, influenciado por diferentes climas (cálido húmedo, cálido muy húmedo, templado húmedo y frío húmedo); siendo en el clima cálido húmedo, donde se da la mayor área de esta clase de uso. Esta clase comprende casi todos los

sectores del Parque, desde los límites departamentales de Córdoba-Antioquia y hacia el centro del área protegida.

Tabla 6. Clases de suelos encontradas en el PNN-Paramillo y sus características de uso.

Clase	Características principales
3	Están ubicados en clima cálido húmedo (3-2), en relieve plano y plano-cóncavo, con pendientes menores a 3%.Tienen como limitaciones la susceptibilidad a inundaciones y/o encharcamientos, nivel freático fluctuante, algunos con sales en el subsuelo y profundidad efectiva supeficial. Son aptas para cultivos de maíz, sorgo, arroz, soya, caña de azúcar, palma de aceite, plátano y frutales; Ganadería semi-intensiva. Se debe hacer fertilizaciones de acuerdo con las características de los suelos, aplicación de materia orgánica, canales de riego y drenaje.
4	Están ubicados en clima cálido húmedo (4-2), en relieve plano a ligeramente ondulado, en las geoformas de planicie, piedemonte y lomerío, con pendientes menores a 7%.Tienen como principales limitaciones la susceptibilidad a las inundaciones en algunos sectores, sales en el perfil, erosión ligera, pedregosidad localizada y profundidad efectiva moderadamente profunda a muy superficial. Son tierras aptas para cultivos de maíz, yuca, platano, caña panelera, Ganadería semi-intensiva, sola o en combinación con actividades agrícolas o forestales. Se recomienda aplicación técnica de fertilizantes, riego supletorio, rotación de potrero, uso de pastos mejorados, zanja de riego y drenaje.
5	Las tierras de esta clase se encuentran en clima cálido húmedo (5-2), en relieve plano y plano-cóncavo, con pendientes menores a 3%. Como limitaciones principales se encuentra la abundante pedregosidad, susceptibilidad a encharcamientos e inundaciones, nivel freático alto y drenaje pobre. Son tierras aptas para actividades agrosilvo-pastoriles con cultivos de arroz, pasto pará, alemán, brachiaria dulce y especies maderables como roble y acació. Se recomienda hacer obras regionales de adecuación (canales, terraplenes), labranza mínima, fertilización técnica y rotación de potreros.
6	Son tierras que se encuentra en clima cálido húmedo (6-2) y templado húmedo (6-4). Las principales limitaciones son: Poca profundidad efectiva, susceptibilidad a la erosión, presencia de gravilla y de piedra, susceptibilidad a los encharcamiento, nivel freático alto, pendientes fuertes, altos contenidos de aluminio y baja fertilidad. Estas tierras son aptas para cultivos de melón, patilla, arroz secano, caña, cacao, frutales, plantaciones de especies maderables y ganadería semi-intensiva. Se recomienda: Siembras en contorno, fertilización técnica, cercas vivas, construcción de jagueyes, construcción y protección de drenajes.
7	Las tierras con esta capacidad de uso se encuentran en los climas cálido húmedo (7-2), cálido muy húmedo (7-3), templado húmedo (7-4) y frío húmedo (7-5), en relieve ligeramente quebrado hasta moderadamente escarpado y

	pendientes entre 7 y 75%, en los paisajes de lomerío y montaña. Como limitaciones principales para el uso de la tierra se tienen: Susceptibilidad a la erosión y a los movimientos en masa, profundidad efectiva superficial, capas gravillosas, baja fertilidad, drenaje excesivo, exceso de lluvias, pendientes fuertes y alta saturación de aluminio. Los usos adecuados corresponden a las actividades silvícolas con especies maderables nativas, silvopastoriles con pasto y yaraguá, Uribe, agrosilvo-pastoriles, con cultivos de cacao, café, bosque productor-protector y bosque protector. Debe hacerse programas de protección de los drenajes naturales, control de cárcavas, establecer barreras vivas; evitar las talas y quemas.

Nota. Fuente: PARQUE NACIONAL NATURAL PARAMILLO - DTCA. 2014. Plan de Manejo 2014 - 2019 Parque Nacional Natural Paramillo. Parques Nacionales Naturales de Colombia.

Hidrografía.

El PNN Paramillo es considerado la quinta estrella hidrográfica de Colombia y la estrella fluvial más importante del noroccidente colombiano y del departamento de Córdoba, ya que allí se nacen los tributarios de cuatro cuencas hidrográficas: Sinú, San Jorge, Cauca, Atrato. (PNNC, 2014)

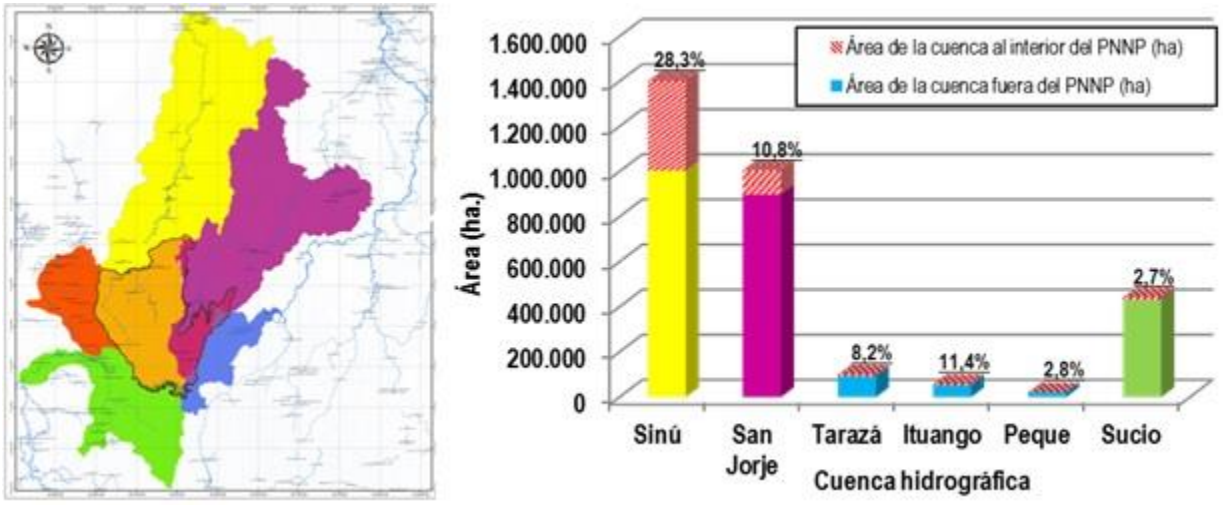


Figura 5: Mapa de localización de las cuencas y su relación con el área protegida (polígono negro) y proporción de las cuencas que están en jurisdicción del PNN-Paramillo.
Fuente: PARQUE NACIONAL NATURAL PARAMILLO - DTCA. 2014. Plan de Manejo 2014 - 2019 Parque Nacional Natural Paramillo. Parques Nacionales Naturales de Colombia.

Cuenca hidrográfica del río Sinú.

El río Sinú posee una longitud de 415 kilómetros, nace al interior del PNN Paramillo y desarrolla el 75% de su caudal dentro del parque mediante las tributaciones

de sus principales afluentes, los cuales son el río Verde, río Esmeralda, río Tigre y el río Manso. 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 Urrá, por tanto su operación energética depende de las aguas producidas en el PNN Paramillo.

La cuenca del Río Sinú es un área de crecimiento y alimentación para los peces, principalmente en las áreas que ocupan los cauces del río Sinú, Verde y quebrada Cruz Grande conocidas como “Colas”, las cuales presentan una menor profundidad e influencia de corrientes permitiendo una alternativa de migración para las poblaciones de peces reofílicos que se movilizan entre el embalse y el sector más alto del río Sinú donde se encuentran los planos inundables asociados al río Manso y Tigre. (PNNC, 2014)

Cuenca hidrográfica del río San Jorge.

El río San Jorge nace en el departamento de Antioquia, municipio de Ituango, en un sitio conocido como el Alto Yolombó, tiene una longitud de 347,3 kilómetros, hace su recorrido entre las serranías de San Jerónimo y Ayapel, para luego desembocar en el río Cauca, que a su vez tributa al Magdalena a la altura de la depresión Momposina. Sus principales afluentes desde su nacimiento son la quebrada San Juan (Antioquia) los ríos Pegado, Mutatá, Sucio, San Pedro y Uré; quebradas Charua, San Andrés, Can, Muchajagua, San Lorenzo, El Limón y El Astillero en Córdoba. La Cuenca del río San Jorge tiene un área total de 1.006.033,2 hectáreas de las cuales 108.261,9 hectáreas, están en el AP, es decir el 10,5% del área total. El régimen de precipitaciones es unimodal presentándose las mayores precipitaciones en el PNN Paramillo, con valores promedio multianual entre los 3.200 a 2.800 mm. Se registra un caudal mínimo de 24 m^3/s y uno máximo de 697 m^3/s (CSB, 2009)

Cuenca hidrográfica del río Peque.

La cuenca del rio Peque tiene un área total de 20.815,8 hectáreas de las cuales 580,2 hectáreas, es decir el 2,8% se localizan dentro del AP. El Río Peque, tiene una longitud total de 26,64 Km. Los principales afluentes son las microcuencas de San Mateo

y San Julián y las quebradas San Pedro-San Juan, San Miguel, San José, Renegados, San Mateo, El Tambor, El Romeral y El madero (PNNC, 2014).

Según el PMA del PNN Paramillo la cuenca del rio Peque solo recolecto datos climáticos de la estación “La Cumbre” desde 1970 hasta 1997, registrando valores tales como:

> Altitud de 2.440 m.s.n.m, precipitación promedio multianual de 2.272 mm/año entre 1970-1995, temperatura del aire media mensual multianual de 22ºC, las temperaturas medias mínimas oscilan alrededor de los 6 a 12 ºC, mientras que las temperaturas medias máximas alcanzaron los 24 °C (PNNC, 2014).

Cuenca hidrográfica del río Ituango.

La cuenca del rio Ituango tiene un área total de 57.880,0 hectáreas de las cuales 6.617,1 hectáreas, es decir el 11,4% se localiza dentro del AP. De acuerdo al PMA del PNN Paramillo esta cuenca, escenario del proyecto hidroituango, es de suma importancia ecológica para la reproducción de especies reofílicas del río cauca ya que allí se han identificado sitios de desove y es necesario el suministro de agua de buena calidad que proviene de la parte alta, protegida por el PNN Paramillo. (PNNC, 2014)

Cuenca hidrográfica del río Tarazá.

La cuenca del rio Tarazá tiene un área total de 99.593,2 hectáreas de las cuales 8.133,8 hectáreas, es decir el 8,2%, se localiza dentro del PNN Paramillo. Es la segunda cuenca con menor extensión dentro del AP. (PNNC, 2014)

Cuenca hidrográfica del río Sucio.

Con base al mapa de localización de cuencas del PMA del PNN Paramillo, la cuenca del rio sucio tiene un área total estimada en 442.346 hectáreas de las cuales el 2,7% se localizan dentro del AP y corresponde a la zona de paramo y sub-paramo que se protegen en el Parque. (PNNC, 2014)

Biogeografía PNN-Paramillo.

Las unidades biogeográficas presentes en el parque con sus respectivos distritos se presentan a continuación:

Tabla 7. Unidades y distritos biogeográficos

Refugio Pleistocénico	**Unidades biogeográfica**	**Distrito Biogeográfico**	**Características relevantes**
Sinú-San Jorge. Este probable refujio es considerado a su vez un centro de endemismo por Hernández-C et al. (1992)	Choco-Magdalena	Sinú-San Jorge	Esta zona es de gran importancia biótica y fue considerada por (Haffer, 1969) como parte de un antiguo refugio pleistocénico de bosque húmedo, en el cual diversificaron especies como el tití de cabeza blanca (*Saguinus oedipus*), principal endemismo de la zona que debió tener en este refugio su origen y a partir de aquí debió ampliar gradualmente su área de distribución a gran parte de la planicie costera Caribe, limitándose por el río Magdalena a su margen occidental. Ocupa las cuencas superiores de los ríos San Jorge y Sinú (Departamento de Antioquia y Córdoba) y contactaba con los bosques nublados de la Cordillera Occidental. Al N probablemente se extendía mediante bosques freatófitos y pantanosos en el valle de inundación del Sinú, por el NE se extendía probablemente al W del río Cauca ocupando gran parte de la planicie de inundación del delta del mismo río, y en la zona de Ayapel estaba delimitado al E del San Jorge por una zona árida (hoy ocupada por sabanas) y posiblemente se extendía en Antioquia en la región del río Tarazá, limitando allí hacia el

	SW con un enclave árido del cañón del río Cauca. También se trata de áreas muy insuficientemente exploradas en cuanto a su fauna y flora, que aparte de un significativo número de endemismos, muestra evidencias de activo intercambio biótico, con elementos provenientes del E así como del Chocó y América Central. Este distrito se caracteriza por presentar una biota con elementos comunes a la chocoana, amazónica y magdalénica, allí se encuentra un representativo número de endemismos de origen chocoano que se adentran por el valle del Magdalena, algunos alcanzando a introducirse al valle alto del río Magdalena, como es el caso del lagarto (*Corytophanes cristatus*), la rana venenosa (*Dendrobates truncatus*), el paujil de pico azul (*Crax alberti*), entre otros. Parte del refugio corresponde al Parque Nacional Natural del Paramillo.

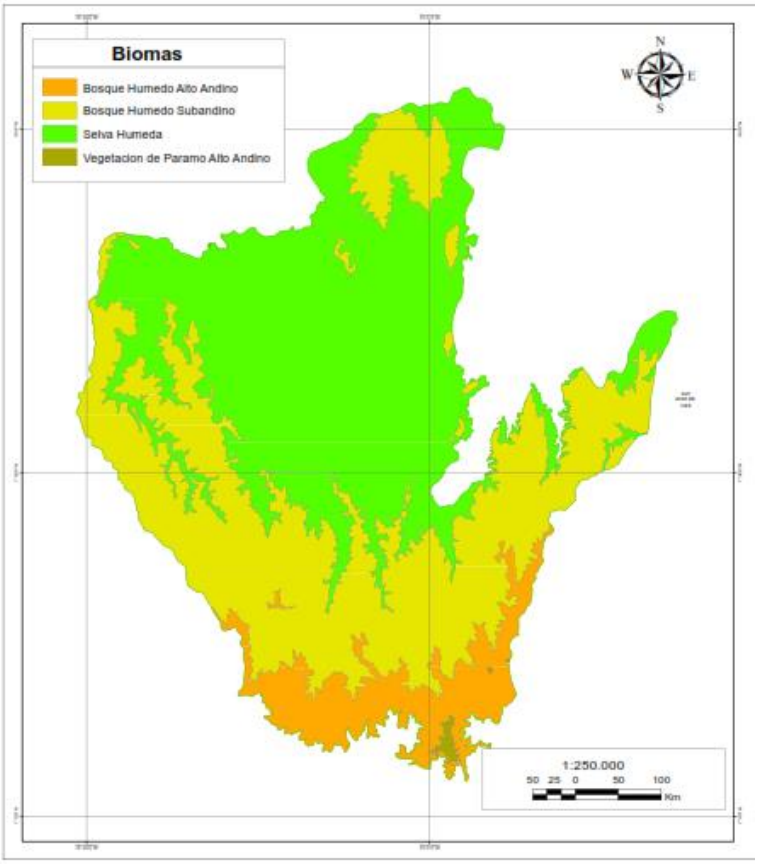
Chocó biogeográfico		Rio Sucio	Es un amplio distrito, pero específicamente está relacionado con el PNN Paramillo en el sector del alto río Sucio, incluyendo los sectores de región de Mutatá, Guapá y Villa Arteaga, que se localiza en zona aledaña al Parque sobre la serranía de Abibe, además en este refugio fue donde el profesor Haffer demostró la existencia de contactos secundarios entre aves endémicas de los refugios pleistocénicos húmedos del Chocó, con elementos provenientes del refugio del Nechí (sensu lato), lo cual convierte al Paramillo en una región "bisagra" en el intercambio biótico o lo que técnicamente se denomina nodo biogeográfico.
Nechí y San Lucas		Nechí	Según (Haffer, 1969) reconoció el refugio del Nechí, incluyendo las cuencas superiores de los ríos Sinú y San Jorge (Departamento de Córdoba), parte del bajo valle del río Cauca y la cuenca de su tributario, el río Nechí (Departamento de Antioquia). Sin embargo, se hizo más conveniente subdividir el refugio tal como la concibió Haffer, en dos unidades separadas por el río Cauca, una oriental (Nechí-San Lucas) y otra occidental (Sinú- San Jorge).
	Norandina	Paramillo del Sinú	En las cabeceras del río Sinú se localiza un área de páramo de Paramillo que es muy poco conocida, y de la cual existen colecciones botánicas hechas por F.W. Penen hacia 1922 y otras realizadas por la

			expedición de (Chapman, 1917) en aves y algunos mamíferos. Este distrito es un centro de endemismo poco conocido; sin embargo, se considera que la diversidad de especies que allí se encuentre debe presentar una marcada afinidad andina.
		Bosques Subandinos N Cordillera Occidental	En la ladera occidental de la Cordillera Occidental encontramos un gradiente altitudinal y una serie de anomalías sumamente interesantes en cuanto a distribución, dado que en términos generales ocurre una depresión de los pisos altitudinales. Esta depresión no se manifiesta tanto en términos climáticos, sino en cuanto a lo que pudiéramos llamar una depresión de los pisos altitudinales bióticos; es decir, no hay concordancia entre los pisos térmicos y la composición florística y faunística. En el caso del PNN Paramillo, es muy particular la presencia (*Quercus humboldtii*) a altitudes de 700 metros en el complejo montañosos del Cerro Murrucucú.
		Bosques Andinos N Cordillera Occidental	
		Dabeiba	
Remanentes de la planicie costera del Caribe	Cinturón árido pericaribeño	Cartagena	Estos corresponden a las zonas desérticas y de bosques xerófiticos y subxerofíticos remanentes en Colombia de los periodos de su máxima expansión durante las épocas pleniglaciares del Pleistoceno. Esta provincia biogeográfica aunque está relativamente alejada del AP, es evidente en la actualidad la penetración de biota caribeña en la zona septentrional del Parque Paramillo.

Nota. Fuente: PARQUE NACIONAL NATURAL PARAMILLO - DTCA. 2014. Plan de Manejo 2014 - 2019 Parque Nacional Natural Paramillo. Parques Nacionales Naturales de Colombia.

Biomas PNN- Paramillo.

El parque cuenta con 4 biomas según la clasificación de Holdridge, los cuales son: Páramo, Bosque Andino, Bosque Subandino y Selva húmeda. La distribución de estos biomas se puede observar en la figura 6.



BIOMA	Área (ha)	Área (%)	Representatividad SPNN (%)	Representatividad PAÍS (%)
Páramo	1.564	0,29	0,21	0,08
Bosque Andino	50.333	9,452	12,02	2,43
Bosque Subandino	225.845	42,41		
Selva Húmeda	254.719	47,83	5,2	0,51
TOTAL	532.461	100	--	--

Figura 6: Mapa de localización de los biomas y proporción de los biomas que están en jurisdicción del Parque y su representatividad porcentual con relación al SPNN y al total del país.

Fuente: PARQUE NACIONAL NATURAL PARAMILLO - DTCA. 2014. Plan de Manejo 2014 - 2019 Parque Nacional Natural Paramillo. Parques Nacionales Naturales de Colombia

Bioma de selva húmeda tropical: (también llamado Bosque húmedo tropical).

Es un ecosistema que se localiza en la franja tropical, por debajo de 1.000 metros sobre el nivel del mar y su característica principal son las alta precipitaciones durante la mayor parte del año, es considerado uno de los hábitat más ricos y diversos de la tierra ya que en ellos viven una gran cantidad de plantas y animales. hábitat del jaguar (*Panthera onca*), el puma (*Puma concolor*), dantas (*Tapirus terrestres y Tapirus bairdii*) y el oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) entre otros grandes mamíferos. También alberga gran diversidad de primates como la mica negra (*Ateles fusciceps*) el mono aullador rojo (*Alouatta seniculus*), el mono maicero (*Cebus capucinus*), el mico titi (*Saguinus oedipus*), el pavon de monte (*Crax alberti*) y venado de cola blanca (*Mazama temama*). Además de ser un gran reservorio de vida silvestre, la selva húmeda del Paramillo contribuyen con el almacenamiento y fijación de carbono (50 millones de toneladas/año), y la regulación hídrica de las cuencas de los ríos Sinú y San Jorge. A la fecha es el bioma más estudiado en el AP y cuenta con varios inventarios biológicos que dan cuenta de su alta biodiversidad, para las zonas hasta hoy inventariadas.

Bioma de bosque húmedo subandino.

Es un bioma localizado en las vertientes bajas de los andes, generalmente entre 1200 y 2700 metros sobre el nivel del mar, caracterizándose por presentar un estrato arbustivo poco desarrollado, herbáceo denso y forestal dominante. Allí se encuentra una gran diversidad de fauna y flora andina, tales como epífitas principalmente musgos, hepáticas, líquenes, orquídeas y bromeliáceas. Entre la fauna más representativa, se encuentra una gran variedad de aves como el pavón (*Crax alberti y Crax rubra*) y con una alta probabilidad de contar con mamíferos como la danta de montaña (*Tapirus pinchaque*), el oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) y el venado de cola blanca (*Mazama temama*). Estos bosques funcionan como ecosistemas transicionales entre la selva humedad y los bosque altoandinos y páramo, aportando a la regulación hídrica, almacenamiento-fijación de carbono.

Bioma de bosque húmedo alto andino.

Es el bosque de la parte alta de las montañas andinas, generalmente por encima de los 2.700 sobre el nivel del mar, caracterizado por presentar árboles relativamente bajos, con hojas en promedio pequeñas, y con el sotobosque muy denso, a veces impenetrable. Las ramas y troncos suelen estar cubiertos por una gran cantidad de plantas epífitas, como musgos, bromelias y orquídeas. Son bosques muy húmedos y se les conoce como bosques de niebla.

Páramo.

En el extremo sur del área protegida se encuentra la mayor elevación, El Cerro de Paramillo, con 3.960 msnm, en el cual se localiza el bioma de Paramo, del cual deriva su nombre el Parque Nacional Natural. En este bioma es posible encontrar lagunas, frailejones y grandes mamíferos como la danta de paramo (*Tapirus pinchaque*) y venados de cola blanca (*Mazama temama*). Además de su belleza paisajística el Páramo de Paramillo es fundamental en la regulación hídrica de las cuencas de los ríos Sinú, San Jorge, Atrato (representado por el río Sucio) y Cauca (representado en los ríos Peque, Ituango y Tarazá).



Figura 7: Registros fotográficos de los biomas/ecosistemas representados en el PNN Paramillo. Paramo de Paramillo - municipio de Peque (*arriba-izquierda*), Selva altoandina - cabeceras del rio esmeralda (*arriba-derecha*) selva subandina - Cerro Murrucucú sector el silencio (*abajo-izquierda*) y selva húmeda tropical - rio Sinú – verada la Gloria (*abajo-derecha*).
Fuente: PARQUE NACIONAL NATURAL PARAMILLO - DTCA. 2014. Plan de Manejo 2014 - 2019 Parque Nacional Natural Paramillo. Parques Nacionales Naturales de Colombia.

Ecosistemas PNN- Paramillo.

El PNN Paramillo cuenta con una gran diversidad de ecosistemas (tabla 8). El río Sinú es la cuenca de mayor representatividad dentro del parque y a su vez es la que contiene el mayor número y diversidad de ecosistemas.

Tabla 8. Ecosistemas más extensos, presentes en cada una de las unidades hidrográficas representadas al interior del PNN- Paramillo

Cuenca	Tipo	Área (ha)
Sinú	Bosque denso alto de tierra firme en Filas y vigas de montaña de clima Cálido Húmedo	58.276,1

	Bosque denso alto de tierra firme en Filas y vigas de montaña de clima Templado Super-húmedo	48.000,0
	Bosque denso alto de tierra firme en Lomas y colinas del lomerío de clima Cálido Semihúmedo	34.422,9
	Bosque denso alto de tierra firme en Filas y vigas de montaña de clima Cálido Semihúmedo	30.753,1
	Bosque denso alto de tierra firme en Filas y vigas de montaña de clima Templado Húmedo	22.462,9
	Bosque denso alto de tierra firme en Espinazos de montaña de clima Templado Super-húmedo	21.080,8
	Bosque denso alto de tierra firme en Espinazos de montaña de clima Templado Húmedo	17.479,6
	Bosque denso alto de tierra firme en Filas y vigas de montaña de clima Templado Semi-húmedo	15.415,4
	Vegetación secundaria o en transición en Filas y vigas de montaña de clima Cálido Semi-húmedo	12.333,3
	Bosque denso alto de tierra firme en Espinazos de montaña de clima Frio Super húmedo	12.232,7
	Bosque denso alto de tierra firme en Crestas de montaña de clima Templado Húmedo.	11.150,5
	Áreas intervenidas. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales en Filas y vigas de montaña de clima Cálido Semi-húmedo	10.565,8
	Bosque denso alto de tierra firme en Filas y vigas de montaña de clima Templado Húmedo	32.789,7
San Jorge	Bosque denso alto de tierra firme en Espinazos de montaña de clima Templado Húmedo	13.691,8

	Bosque denso alto de tierra firme en Filas y vigas de montaña de clima Cálido Húmedo	12.417,3
Río Tarazá	Bosque denso alto de tierra firme en Filas y vigas de montaña de clima Templado Húmedo	6.332
Río Ituango	Bosque denso alto de tierra firme en Filas y vigas de montaña de clima Frio Super-húmedo	2.593,6
Río Peque	Bosque denso alto de tierra firme en Filas y vigas de montaña de clima Frio Super-húmedo	363,7
Río Sucio	Bosque denso alto de tierra firme en Espinazos de montaña de clima Frio Super-húmedo	5.780,4
	Bosque denso alto de tierra firme en Filas y vigas de montaña de clima Frio Super-húmedo	4.952,4

Nota. Fuente: PARQUE NACIONAL NATURAL PARAMILLO - DTCA. 2014. Plan de Manejo 2014 - 2019 Parque Nacional Natural Paramillo. Parques Nacionales Naturales de Colombia.

Biodiversidad representada en el PNN- Paramillo.

La composición, estructura y función de las especies florística y faunística del Parque Paramillo son atributos biológicos poco conocidos ya que se ha desarrollado pocos estudios o investigaciones dentro del área protegida y su zona de influencia, lográndose importantes caracterizaciones biológicas para sectores como el Cerro Murrucucú en la vertiente oriental y occidental, Sinú-Manso-Tigre, en el Manso arriba en la comunidad de Santa Isabel del Manso, al interior de los resguardos indígenas; para la cuenca del río San Jorge en lo que respecta al Alto Uré, en Saiza, en los resguardos indígenas de Abibe, y en la zona de Páramo de Peque y en Tres Morros (PNNC, 2014).

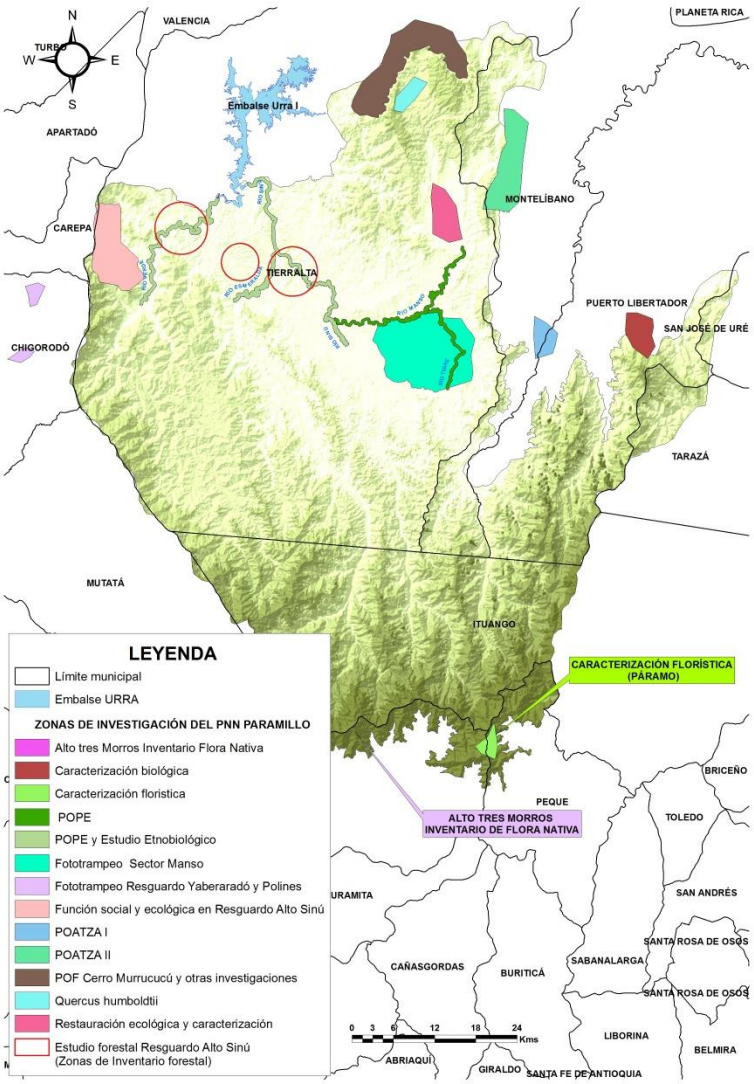


Figura 8: Sectores del AP que donde se ha adelantado investigaciones relacionadas con el conocimiento de la biodiversidad asociada.
Fuente: PARQUE NACIONAL NATURAL PARAMILLO - DTCA. 2014. Plan de Manejo 2014 - 2019 Parque Nacional Natural Paramillo. Parques Nacionales Naturales de Colombia.

Flora.

En cuanto a composición florística, hasta la fecha se han logrado identificar plenamente 754 especies, representadas en 120 familias y 455 géneros, donde las familias más diversas son la Rubiaceae con 32 géneros y 47 especies, Fabaceae (21/28), Euphorbiaceae (19/29), Moraceae (14/27), Annonaceae (13/30), Arecaceae (13/30) y Caesalpiniaceae (13/27).

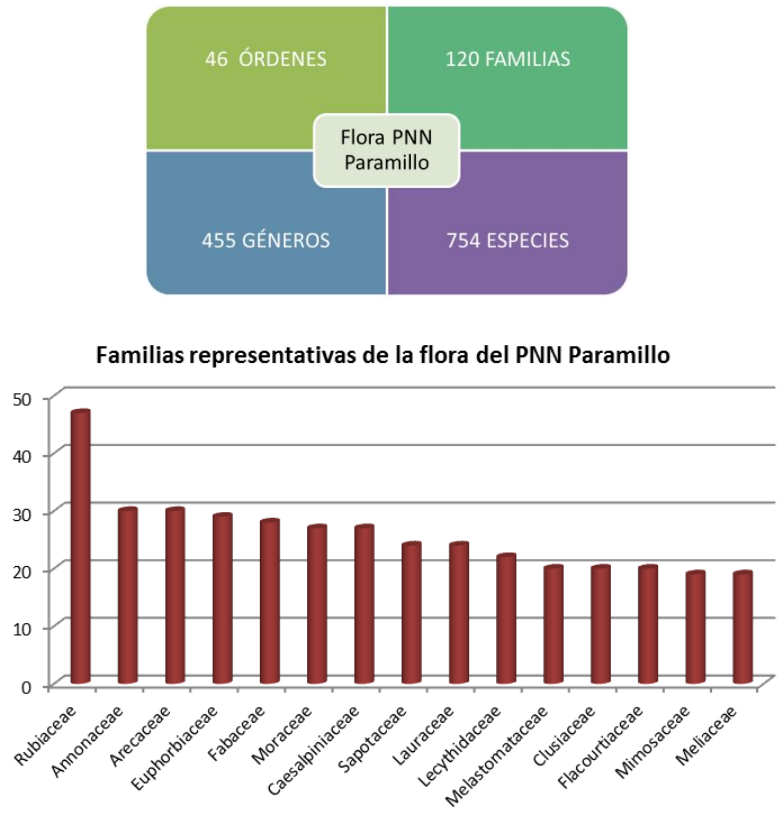


Figura 9: Composición florística conocida del PNN Paramillo (arriba), y familias taxonómicas con mayor número de especies en el PNN Paramillo (abajo).
Fuente: PARQUE NACIONAL NATURAL PARAMILLO - DTCA. 2014. Plan de Manejo 2014 - 2019 Parque Nacional Natural Paramillo. Parques Nacionales Naturales de Colombia.

Tanto en el bioma selva húmeda como en los biomas bosque húmedo subandino, bosque húmedo alto andino y humedales, no existen formas biológicas dominantes, la diversidad de especies incluye árboles de gran porte, arbustos, subarbustos, palmas, herbáceas, helechos terrestres y epífitos, bejucos herbáceos y arbóreos, epífitas y lianas.

La riqueza de especies y la compleja red de interacciones que se presenta en el bosque tropical de selva húmeda del PNN Paramillo, lo convierte en ecosistema más frágil que los ecosistemas relativamente simples y/o plantados. Los mecanismos de reproducción de las especies vegetales están más adaptados a la competencia biológica que a las modificaciones a gran escala del medio, resultando ser menos resistentes a las perturbaciones. Estos bosques tropicales se ven afectados, por una especie de variables naturales constantes en sus diversas fases de desarrollo, mostrando un conjunto complejo de estadíos de evolución, como por ejemplo, estadíos jóvenes sin gran

diversidad pero con una gran capacidad de cambio, estadíos maduros con una diversidad mayor y con una mayor resistencia y estadíos de degradación poco diversificados. Tal complejidad confiere al ecosistema una cierta resistencia a las perturbaciones, hecho válido para cambios de una determinada amplitud, pero la acción del hombre durante las últimas décadas, tanto por lo que a intensidad como a duración se refiere, está excediendo la capacidad de autorregulación de los ecosistemas, lo que puede traducirse en el rompimiento de su estabilidad dinámica. Tal situación se está viendo reflejada en la pérdida y reducción de poblaciones para aquellas especies de flora consideradas valiosas en el comercio, y a raíz de su agotamiento, paulatinamente se han ido incorporando nuevas especies no tan valiosas pero aceptables en el mercado, que están sufriendo el mismo proceso (PNNC, 2014).

De las 755 especies de plantas que se han logrado conocer para el Parque, 115 se encuentran bajo amenaza de extinción, lo que equivale al 15% del total de especies identificadas hasta el momento. Dos (2) especies arbóreas se encuentran a nivel global en estado CRÍTICO como son *Talisia bullata* y *Rinorea marginata* y cuatro (4) a nivel nacional: caoba (*Swietenia macrophylla*), abarco (*Cariniana pyriformis*), la palma coquito enano (*Reinhardtia koschnyana*) y el comino (*Aniba perutilis*) , Siete (7) especies están EN PELIGRO a nivel global entre los que se encuentran el carreto (*Aspidosperma polyneuron*), caguí (*Caryocar amygdaliferum*), helecho (*Zamia melanorachis*), entre otros, catorce (14) EN PELIGRO a nivel nacional como: el carreto (*Aspidosperma polyneuron*), caguí (*Caryocar amygdaliferum*), ceiba tolúa (*Pachira quinata*), ardito (*Huberodendron patinoi*), cedro (*Cedrela odorata*), palma lanceta (*Astrocaryum malybo*), palma de aceite (*Elaeis oleífera*), cativo (*Prioria copaifera*) y carbonero (*Licania durifolia*) entre otros, once (11) árboles se encuentran VULNERABLES a nivel global entre ellos la caoba (*Swietenia macrophylla*), ceiba tolúa (*Pachira quinata*), ardito (*Huberodendron patinoi*), cedro (*Cedrela odorata*) y velecuba (*Couratari guianensis*) y dieciocho (18) especies VULNERABLES a nivel nacional como el volao (*Cavanillesia platanifolia*), canime (*Copaifera camibar*), brasilete (*Peltogyne purpurea*), almendro (*Dipteryx oleífera*), roble de tierra fría (*Quercus humboldtii*) y chicharrón (*Licania silvae*) entre otros.

Peces

Entre las especies emblematicas del Parque estan el bocachico (*Prochilodus magdalenae*), la doncella (*Augeneiosus pardalis*) y la charua (*Brycom sinuensis*) esta última endémica del Sinú. (PNNC, 2014)



Figura 10: Bocachico/Prochilodus magdalenae (arriba-izquierda), mojarra amarilla/Caquetaia kraussi (arriba centro), charua/Brycom sinuensis (arriba-derecha), agujeta/Ctenolucios hujeta (abajo-izquierda), doncella/Augeneiosus pardalis (abajo-centro) y pechona/Gasteopelecus maculatus (abajo-derecha).
Fotografía: Luis Carlos Mendoza Fuente.

Anfibios.

Se evidencia la presencia de al menos 52 especies solo para el Cerro Murrucucú, lo cual representa el 8% del total de especies en Colombia y más del 80% de las documentadas para el Departamento de Córdoba. (PNNC, 2014)

Reptiles.

Los reptiles son un grupo numeroso y diversificado, registrándose 101 especies de reptiles para Córdoba (Cárdenas & Arévalo, 2010), de las cuales 90 especies están presentes en el AP; este mismo autor manifiesta que El PNN Paramillo se diferencia de otras regiones del departamento por el alto número de especies exclusivas. Por otra parte, aunque no se tienen estudios sobre la dinámica poblacional de algunos reptiles,

es importante mencionar al caimán de aguja (*Crocodylus acutus*) cuyas poblaciones se vieron afectadas con la construcción del proyecto hidroeléctrico Urrá, puesto que la presa fragmento el hábitat de esta especie.



Figura 11: Caimán (*Crocodylus acutus*)
Fuente: PARQUE NACIONAL NATURAL PARAMILLO - DTCA. 2014. Plan de Manejo 2014 - 2019 Parque Nacional Natural Paramillo. Parques Nacionales Naturales de Colombia

Aves.

Evaluaciones de la diversidad desarrolladas en el año 2000, en la parte alta del río Uré, tributario del río San Jorge, logro reconocer un total de 180 especies de aves. Exploraciones e inventarios recientes de aves, los cuales se ha efectuados en otros sectores específicos del Parque (Cerro Murrucucú, ríos Tigre y Manso) se registra un consolidad de al menos de 230 especies. (PNNC, 2014)

Igualmente el PNN alberga poblaciones importantes de grandes cracidos como el pavón de pico azul (*Crax alberti*) y el pavón de pico amarillo (*Crax rubra*) dos elementos muy característicos de la provincia Chocó Magdalena y del Pacifico y ambos confluyen en el PNN Paramillo, estas especies son de gran valor cultural para las comunidades campesinas e indígenas ya que son una fuente importante de carne de monte para las comunidades.



Figura 12: Pavon de pico amarillo (Crax rubra) tomada en la serrania de Abibe (Comunidad indigena Embera – Polines) zona de influencia del PNN Paramillo.
Fuente: PARQUE NACIONAL NATURAL PARAMILLO - DTCA. 2014. Plan de Manejo 2014 - 2019 Parque Nacional Natural Paramillo. Parques Nacionales Naturales de Colombia

Otro aspecto de importancia no solo en el ámbito de la conservación de la diversidad del país, es la relación que sus hábitat tienen con la diversidad global al proporcionar refugio temporal a más de doce especies de aves migratorias boreales (de Norteamérica), registradas en el muestreo rápido efectuado en el 2000, como la mirla buchipecosa (*Catharus ustulatus*). (PNNC, 2014)

Mamíferos.

El parque nacional alberga una gran riqueza y diversidad de mamíferos, Racero-Casarrubia et al 2015, menciona que el Área protegida registra unas 62 especies lo que representa 52% de las especies de mamíferos registradas para el departamento de Córdoba. En el PNN Paramillo se registran seis especies de primates como los micos nocturnos (Aoutus sp), marimonda (*Ateles fusciceps*), el mico maicero (*Cebus capuccinus*), el mono aullador rojo (*Alouatta seniculus y Alouatta palliata*) y el titi cabeciblanco (*Saguinus oedipus*). Mamíferos arbóreos como los *perezosos Bradypus variegatus y Choloepus hoffmanni* y el hormiguero pigmeo *Cyclopes didactylus*.

Entre los grandes mamíferos se destaca la presencia del tapir de tierras bajas o tapir amazónico que ha sido reportado en diferentes trabajos (Racerro Casarrubia, Ballesteros Correa, & Pérez Torres, 2015) además del tapir centroamericano (*Tapirus bairdii*) y con una gran posibilidad de tener en el bosque altoandino y en el páramo a tapir de montaña (*Tapirus pinchaque*) pero falta más investigación para corroborar la presencia de la especie, aunque para el 2013 se menciona la presencia de la especie en

la cuenca alta del río Verde. Según la IUCN *T. terrestris* es considerada una especie Vulnerable*, T. bairdii y T. pinchaque* son catalogadas en Peligro. Para el parque Paramillo se considera que las *T. Terrestris y T.bairdii* son las dantas que más presiones tienen a causa de la cacería y la alteración del hábitat.



Figura 13: Registros fotográficos de algunas especies de mamíferos no voladores registradas en el sector Manso-Tigre, PNN Paramillo. De arriba-abajo y de izquierda-derecha: marmota (Marmosa murina), perezoso (Bradypus variegatus), mono tití (Saguinus oedipuss), guartinaja o guagua (Cuniculus paca), Mono aullador rojo (Alouatta seniculus), la gran bestia (Cyclopes didactylus).
Fotografía: Jesús Ballesteros.

Se confirma para el año 2013 la presencia una tercera especie de danta, la de paramo (*Tapirus pinchaque*) en la cuenca alta del río Verde, las *T. Terrestris y T.bairdii* son las dantas que más presiones tienen a causa de la cacería y la alteración del hábitat. (PNNC, 2014)

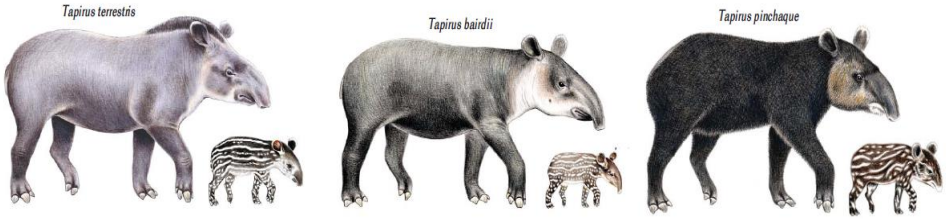


Figura 14: Especies de Tapires presentes en el Parque Nacional Natural Paramillo. Fuente: Tapirs of the world.
Fuente: PARQUE NACIONAL NATURAL PARAMILLO - DTCA. 2014. Plan de Manejo 2014 - 2019 Parque Nacional Natural Paramillo. Parques Nacionales Naturales de Colombia

Los mamíferos carnívoros son un grupo bien representado en el Parque Nacional Natural Paramillo, el AP cuenta con cinco especies de felinos (*Puma concolor, Panthera onca, Leopardus pardalis, Leopardus wiedii, Puma yagouaroundi*), y el Oso andino (*Tremarctos ornatus*), ademas de otros carnivoros como: *Eira barbara, Lontra longicaudis, Potos flavus, Cerdocyon thous, Galictis vittata, Conepatus semistriatus y Procyon cancrivorus.* Es importante mencionar que la presencia de grandes felinos como el Puma y el jaguar en el AP convierten al Parque en un área de importancia para la conservación de estas especies sombrilla.

Por último se reportan 18 especies siendo la familia Phyllostomidae la más representativa, es importante mencionar que para el AP se han encontrado especies de murciélagos que solo se tenían registros restringidos a las tierras bajas al occidente de la cordillera Occidental en la región Pacífico, como lo es el caso de la especie *Vampyriscus nymphaea* que fue encontrada en el año 2012 por Rodríguez-Posada y Ramírez-Chaves en el Cerro Murrucucú, confirmando con esto la presencia de la especie para la región Caribe. (PNNC, 2014)

Central Hidroeléctrica de Urrá I

Antecedentes históricos.

Según la Empresa Urrá S.A. ESP (2015):

“El proyecto de hidroeléctrica fue concebido en 1949 cuando el Gobierno nacional a través de la Caja Agraria, contrató una serie de estudios para la explotación de los recursos hidráulicos del departamento de Bolívar con la firma R.J. TIPTON (en

> ese entonces, el actual territorio de Córdoba pertenecía a Bolívar). En 1952, la firma R. J. Tipton hizo entrega del estudio de identificación de los recursos hidráulicos del departamento estableciendo las potencialidades para riego, navegación, drenaje, control de inundaciones y generación de energía. Las conclusiones de los estudios preliminares indicaron que la cuenca del Sinú tenía un gran potencial para la producción de energía, y señalaron la angostura de Urrá (quebrada que nutre al río Sinú) como el sitio adecuado para desarrollar un proyecto hidroeléctrico."

Más adelante, en los años 70 la empresa estatal Interconexión Eléctrica S.A – ISA, propone dentro del plan de expansión eléctrica del país el megaproyecto denominado Desarrollo Hidroeléctrico del Alto Sinú que contenía dos centrales de generación: Urrá I y Urrá II (Este embalse 10 veces más grande que el primero fue descartado posteriormente debido a la incertidumbre y magnitud de sus impactos). Dicho megaproyecto tenía una capacidad instalada de 120000 MW. En 1979 la Empresa ISA contrató los diseños finales del Proyecto Hidroeléctrico de URRÁ I y II en el Alto Sinú a través de la firma de consultoría GÓMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS, cediendo en 1982 a CORELCA el manejo del proyecto, quien firmó en el mismo año con la Unión Soviética un contrato para la fabricación, suministro y financiación de los equipos principales para la Central Hidroeléctrica (Empresa Urrá S.A. E.S.P, 2015).

A principio de los años 80 el proyecto avanza hacia las etapas de factibilidad y diseño lideradas por la Corporación Eléctrica de la Costa Atlántica – CORELCA. Del mismo modo se lleva a cabo un estudio ambiental como prerrequisito del Banco Mundial para la eventual financiación del proyecto. En 1983, se iniciaron los innumerables estudios que se han adelantado sobre el proyecto, con la realización del Estudio Ambiental del Proyecto en el Alto Sinú, por la firma Dames and Moore (Mendieta, 1999).

Los resultados de dicho estudio generaron un importante debate que contribuyó a que el INDERENA definiera una metodología para estudios ambientales de proyectos hidroeléctricos que debería efectuarse para todo tipo de proyectos en sus etapas de prefactibilidad o factibilidad (Mendieta, 1999).

En 1985 se adjudicó el contrato de obras civiles de URRÁ al consorcio suecocolombiano SKANSKA-CONCIVILES y hasta 1990 las autoridades gubernamentales aprobaron este contrato para la construcción de la Central Hidroeléctrica (Empresa Urrá S.A. E.S.P, 2015).

En 1992 el gobierno colombiano a través del CONPES determina la continuación del proyecto multipropósito Urrá I, el cual consiste en un proyecto de 340 MW de capacidad, un embalse de 1500 millones de metros cúbicos y un área de inundación de 7400 ha. Esta decisión fue motivada por los racionamientos de energía eléctrica registrados en los años 1991 y 1992, por el grado de adelanto del proyecto, ya que se encontraba diseñado en su totalidad, en comparación con los demás dentro del plan de expansión eléctrica y por su capacidad de controlar inundaciones en el valle aluvial del río Sinú (Empresa Urrá S.A. E.S.P, 1995).

Para la construcción y operación del proyecto se crea la empresa Multipropósito Urrá S.A, sociedad de economía mixta de carácter comercial e industrial del estado, creada en 1992 y adscrita al ministerio de Minas y Energía, la cual tramita la solicitud de la licencia ambiental ante el INDERENA.(Empresa Urrá S.A. E.S.P, 1995).

El 13 de abril de 1993 el INDERENA se aprueba la licencia ambiental para la etapa de construcción de la represa Urrá I mediante la Resolución No. 243 de la misma fecha. Esta licencia autorizaba la construcción de las obras del proyecto hidroeléctrico pero no contemplaba la etapa de llenado ni la de operación. Los requerimientos de la licencia ambiental de 1993 se centraban en medidas de manejo ambiental para las actividades realizadas durante la etapa de construcción y su infraestructura asociada (zonas de préstamo, campamentos, talleres, entre otras). Del mismo modo se requería la constitución de una interventoría ambiental y la presentación de informes de monitoreo (Empresa Urrá S.A. E.S.P, 1995).

En el mismo año, la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge - CVS, a través de la Resolución 037 del 5 de febrero de 1993 otorgó por un plazo de 50 años, la concesión de aguas del Río Sinú para el llenado y operación de la represa (Empresa Urrá S.A. E.S.P, 1995).

Con la constitución de la Empresa Multipropósito de URRÁ S.A., el 2 de octubre de 1992, se contrataron los trabajos con firmas especializadas, tales como, GÓMEZ, CAJIAO y Asociados como Consultor principal, Consorcio C.E.C., como interventor de las obras civiles principales, integrado por las siguientes firmas: Consultoría Colombiana, Estudios Técnicos y Consultores del Desarrollo, y a ENERGOMACHEXPORT de Rusia para la fabricación, suministro y montaje de los equipos electromecánicos, con el objeto de que desarrollaran las distintas actividades asociadas al Proyecto Hidroeléctrico en el Alto Sinú (Empresa Urrá S.A. E.S.P, 1995).

La presencia de las comunidades indígenas Zenú y Embera en la zona de influencia del proyecto implicó la obligación de adelantar dos procesos de consulta previa, consagrada en el Convenio 169 de la OIT (Organización Internacional del Trabajo), sobre pueblos indígenas y tribales, convenio acogido y ratificado por el Estado Colombiano mediante la Ley 21 de 1991, junto a los demás reconocimientos contemplados en la Constitución Nacional del 91. Una de las medidas que tomó la empresa Urrá como compensación por los impactos generados a las comunidades indígenas fue el pago de una indemnización en dinero a cada miembro de la comunidad indígena por un período de 20 años, y el aplazamiento del llenado del embalse por un año, esto en respuesta a la sentencia T-652 expedida por la corte constitucional en el año de 1998 (Empresa Urrá S.A. E.S.P, 2015).

En el año 1997 se solicitó la modificación de la Licencia Ambiental para las etapas de llenado y operación, y simultáneamente se le solicitó a la Oficina de Asuntos Indígenas del Ministerio del Interior la homologación del proceso de concertación como proceso de consulta previa, el cual había sido adelantado por la Empresa; teniendo en cuenta que ya se habían establecido acuerdos con respecto a los impactos y sus medidas de mitigación, y que estaban contenidos en un Plan de Manejo, plenamente concertado, denominado Plan de Etnodesarrollo (Empresa Urrá S.A. E.S.P, 2015).

Entre los años 1997 y 1998 el Ministerio del Medio Ambientes solicita a Urrá mediante los autos No. 170 y 327 completar información con el fin de estudiar la modificación de la licencia. Así mismo el Ministerio niega la homologación de los procesos de consulta previa, y recomienda no empezar los procesos de reasentamiento

hasta que no se garanticen las condiciones productivas de las tierras de los reasentamientos, por lo que ordenó la realización de la consulta previa con los pueblos indígenas Emberá katío del Alto Sinú y Zenú de San Andrés de Sotavento y la realización de una Audiencia Pública que se llevó a cabo en la ciudad de Montería el 11 de junio de 1998 con el objeto de aclarar toda la información relacionada con los impactos del Proyecto URRÁ sobre el recurso íctico. Esta audiencia fue motivada por una acción de tutela instaurada por los pescadores del Bajo Sinú, habiéndose construido la central y surtido los procesos de concertación pertinentes (Mendieta, 1999).

La Corte Constitucional produjo la Sentencia T- 652 de 1998, que impartió órdenes de obligatorio cumplimiento a las distintas entidades involucradas en el proceso de consulta como consecuencia de la revisión de los fallos de tutela proferidos por el Tribunal Superior de Montería y de Bogotá, con ocasión de las acciones de tutela interpuestas por los indígenas Embera Katio. Al tiempo, se tutelaron los derechos de los pescadores de la Ciénaga Grande de Lorica, mediante la sentencia T –194 del 25 de marzo de 1999 (Empresa Urrá S.A. E.S.P, 2015).

Finalmente se expide la modificación de la Licencia Ambiental mediante la Resolución 0838 de 1999 en el sentido de autorizar el desarrollo de las etapas de llenado y operación para la Central Hidroeléctrica de URRÁ, incluyendo no solo las órdenes de las sentencias de tutela citadas, sino aspectos determinantes para el buen desempeño del proyecto, como garantizar la calidad de las aguas, ordenando verificación mediante monitoreos tanto al Rio Sinú como al embalse, realizando un seguimiento a las concentraciones de oxígeno disuelto en el embalse y durante toda la vida útil del embalse. Así mismo, otras obligaciones incluyen el establecimiento de 5 estaciones que sirvan como puntos de muestreo para conocer las condiciones tróficas, la estratificación en diferentes zonas tanto del embalse como del río y los niveles y caudales del río con el fin de que estos simulen las condiciones naturales que tendría el río sin la intervención del embalse. También se le impone realizar un programa de seguimiento y monitoreo de la dinámica río-ciénagas, de las zonas deltaico estuarina, de los aspectos ícticos y pesqueros, de los aspectos forestales, de la flora y la fauna, del sistema de transporte

en el área de influencia de la represa y del plan de educación para las comunidades de la cuenca del Río Sinú (Empresa Urrá S.A. E.S.P, 2015).

A partir del 15 de Febrero del 2000 la empresa URRÁ S.A. E.S.P. inició su operación comercial con la puesta en servicio de la primera unidad de la Central Hidroeléctrica URRÁ I. EL 1° de Julio de 2000 fue inaugurada la Central cuando ya se encontraban generando sus cuatro unidades (Empresa Urrá S.A. E.S.P, 2015).

Caracterización de la hidroeléctrica Urrá I.

La hidroeléctrica Urrá se encuentra localizada en la zona sur del departamento de Córdoba, y al noroccidente del país, en el municipio de Tierralta, a 30 kilómetros de su centro urbano y a una distancia de 110 kilómetros de Montería.

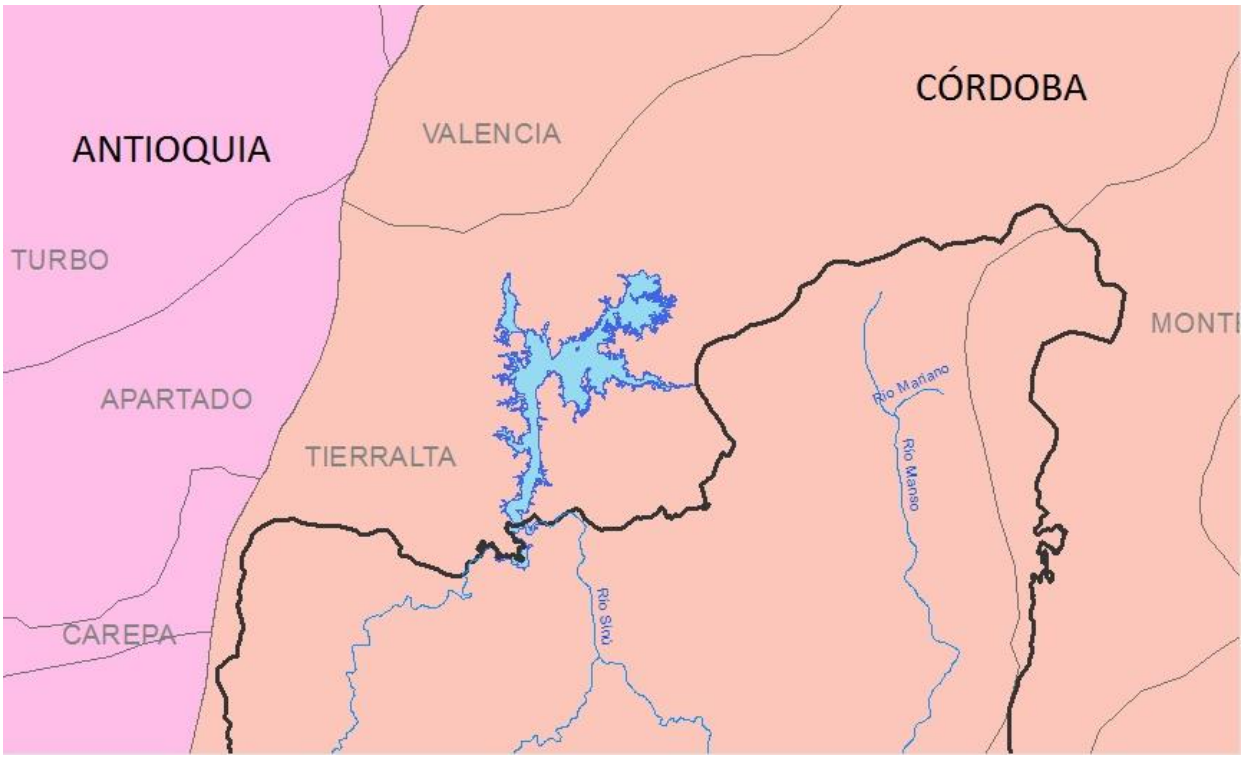


Figura 15: Ubicación Hidroeléctrica Urrá I.
Fuente: Autores

Para el funcionamiento de la hidroeléctrica, ésta se abastece de las aguas provenientes del Río Sinú y sus afluentes, los cuales nacen el Parque Nacional Natural Paramillo, este último fue inundado en 417,18 hectáreas durante la etapa de llenado del proyecto.

Según Vélez (2009):

> “La presa se encuentra ubicada en la desembocadura de la quebrada Mano Vieja, la cual está localizada en la margen derecha del río Sinú, en el extremo inferior del lugar denominado Angostura de Urrá, garganta de aproximadamente 1.5 km de longitud, que marca el límite entre el alto Sinú y el Valle del río Sinú. La cuenca tributaria del embalse posee una extensión de 4600 Km^2 y el caudal medio del río en la Angostura de Urrá es de 349 m^3 /s.”

La capacidad instalada de la Central Hidroeléctrica URRÁ I es de 340 MW distribuida en cuatro turbinas de 85 MW cada una, con una energía media de 1.421 GWh/año y una energía firme anual de 930 GWh/año. La energía generada es evacuada por 2 líneas a 230 kV, 84.5 km de longitud. La Central está conectada a la subestación de Cerromatoso, localizada en el municipio de Montelíbano, ésta subestación está conectada a su vez al sistema nacional de 500 kV. La hidroeléctrica de Urrá I es la única central en la Costa Norte, y en conjunto con las centrales térmicas constituye el soporte energético de la región Caribe (Empresa Urrá S.A. E.S.P, 2015).

Infraestructura.

Estructura de captación.

Se encuentra localizada en la margen derecha del río Sinú, está compuesta por cuatro bocatomas de reja inclinada (cada una de ellas trabaja con un caudal de diseño de 175 m^3/s), una compuerta de servicio por cada compuerta de guarda, operada por un sistema grúa-pórtico (Empresa Urrá S.A. E.S.P, 2014). La tabla No. 8 presenta los datos generales de la estructura de captación.

Tabla 9. Datos generales de la estructura de captación

Estructura de captación	
Tipo	Rejas inclinadas y pozos de compuertas
Número de bocatomas	4
Caudal de diseño por bocatoma	175 m^3/s

Número de compuertas de servicio	4
Tipo de compuertas	Planas con ruedas

Nota. Fuente: Vélez, A. (2009). *Propuesta metodológica para la evaluación y cuantificación de la alteración del régimen de caudales de corrientes alteradas antrópicamente, caso Urrá I.* Recuperada de: http://www.bdigital.unal.edu.co/2286/2/71787671.2009_2.pdf

Casa de máquinas.

Es de tipo superficial. Alberga cuatro conjuntos turbina-generador tipo Francis con una potencia nominal de 85 MW por unidad. Tiene una altura de 44 metros y 130 metros de largo, incluye una zona de montaje. La conducción de agua desde el embalse hasta las turbinas se realiza por cuatro túneles de carga con blindaje de acero, cada uno de los cuales tiene 6,5 metros de diámetro y 215 metros de longitud (Palacios, 2013).

Tabla 10. Datos técnicos generales de la casa de máquinas

Casa de máquinas	
Tipo	Superficial
Altura máxima	44 m
Longitud	130 m
Ancho	22 m
Número de puentes grúas	2
Cota eje de turbinas	68 msnm
Turbinas	
Número de turbinas	4
Velocidad nominal	120 RPM
Potencia de diseño	85 MW
Caudal de diseño	175 m^3/s
Generadores	
Cantidad	4

Capacidad nominal	92 MVA
Tensión	13,8 kV
Frecuencia	60 Hz
Transformadores trifásicos	
Cantidad	5
Frecuencia	60 Hz
Capacidad	105 MVA
Generación	
Energía firme anual de operación	1175 GWH
Energía secundaria anual	246 GWH
Energía promedio anual	1421 GWH

Nota. Fuente: Vélez, A. (2009). *Propuesta metodológica para la evaluación y cuantificación de la alteración del régimen de caudales de corrientes alteradas antrópicamente, caso Urrá I.* Recuperada de: http://www.bdigital.unal.edu.co/2286/2/71787671.2009_2.pdf

Canal de descarga.

El agua una vez turbinada sale a través de un sistema de compuertas correspondientes a dos por cada unidad. El canal conduce el agua turbinada nuevamente al río y su caudal máximo evacuado es de 700 m^3/s (Empresa Urrá S.A. E.S.P, 2015).

Edificio de control.

Dentro de él se desarrollan las funciones administrativas y cuenta con una sala especializada donde se coordinan y ejecutan las maniobras de control de la Central Hidroeléctrica de URRÁ (Empresa Urrá S.A. E.S.P, 2015).

Rebosadero.

Se encuentra ubicado sobre la margen derecha del Río Sinú. Es la estructura principal de contención y rebose. Es de tipo canal abierto con estructura a flujo libre. Su capacidad máxima de descarga es de 9.500 m^3/s, tiene una longitud de 196.4 metros con vertedero de ancho variable entre 120 metros en la cresta hasta 80 metros en la entrada al río. Tiene un nivel máximo probable de inundación en la cota 130.5 msnm

(Empresa Urrá S.A. E.S.P, 2014). Los datos generales del rebosadero se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 11. Datos generales del rebosadero

Rebosadero	
Tipo	Flujo libre
Caudal máximo de descarga	9500 m^3/s
Longitud	196.4 m

Nota. Fuente: Vélez, A. (2009). *Propuesta metodológica para la evaluación y cuantificación de la alteración del régimen de caudales de corrientes alteradas antrópicamente, caso Urrá I.* Recuperada de: http://www.bdigital.unal.edu.co/2286/2/71787671.2009_2.pdf

Presa.

Conformada por un terraplén zonificado con núcleo central de gravas arcillosas impermeables y espaldones de gravas limpias. Su altura es de 73 metros, terminando en una cresta de 660 metros de longitud y 12 metros de ancho. Los niveles máximo y mínimo de operación se encuentran en las cotas 128.5 y 107 m.s.n.m respectivamente. Posee un volumen de relleno de 3'800000 m^3. El salto hidráulico neto varía según el nivel del embalse, entre 32.9 y 54.4 metros columna de agua (Empresa Urrá S.A. E.S.P, 2014).

Dique auxiliar.

Localizado sobre la margen derecha del Río Sinú y contiguo a la presa. Posee una altura de 50 metros y una longitud de 600 metros. Posee un volumen de relleno de 2'550000 m^3 (Empresa Urrá S.A. E.S.P, 2014). La tabla No.11 presenta los datos generales del dique y la presa.

Tabla 12. Datos generales del dique y la presa

Presa y Dique auxiliar	
Tipo	Núcleo impermeable de gravas arcillosas con protección de enrocado
Altura de la presa	73 m
Longitud de la cresta	660 m

Ancho de la cresta	12 m
Altura del dique	50 m
Longitud dique	600 m

Nota. Fuente: Vélez, A. (2009). *Propuesta metodológica para la evaluación y cuantificación de la alteración del régimen de caudales de corrientes alteradas antrópicamente, caso Urrá I.* Recuperada de: http://www.bdigital.unal.edu.co/2286/2/71787671.2009_2.pdf

Sistema de desviación o descarga de fondo.

Localizado sobre la margen derecha del río Sinú. Consta de una ataguía de 39 m de altura, dos túneles paralelos de 7 metros de diámetro y longitud total de 1.183 metros, con una capacidad máxima de descarga por ambos túneles de 1.180 m^3/s. El túnel No. 1 se encuentra sellado, este solo funcionó durante la etapa de construcción. En el túnel No. 2 quedó habilitado para funcionar como descarga de fondo durante la operación del embalse, posee un sistema de compuertas deslizantes. Tiene la capacidad para evacuar un caudal máximo de 317.4 m^3/s (Empresa Urrá S.A. E.S.P, 2014). A continuación se resumen los datos generales del sistema de desviación y descarga de fondo:

Tabla 13. Datos del Sistema de desviación y descarga de fondo

Sistema de desviación (Ataguía y túneles)	
Altura de la ataguía	39m
Volumen de la ataguía	600000 m^3
Número de túneles	2
Diámetro hidráulico de los túneles	7 m
Longitud de los túneles	1183 m
Descarga por los dos túneles	1180 m^3/s
Reciente máxima de desviación (pico)	2900 m^3/s
Descarga de fondo	
Cantidad túneles	1
Control en el túnel	Válvula deslizante

Caudal máximo de evacuación	317.4 m^3/s

Nota. Fuente: Vélez, A. (2009). *Propuesta metodológica para la evaluación y cuantificación de la alteración del régimen de caudales de corrientes alteradas antrópicamente, caso Urrá I.* Recuperada de: http://www.bdigital.unal.edu.co/2286/2/71787671.2009_2.pdf

En la siguiente tabla se pueden apreciar los datos técnicos generales de la hidroeléctrica Urrá I:

Tabla 14. Datos generales Urrá I

Datos de la Hidroeléctrica de Urrá I	
Área máxima	8038 hectáreas
Área inundada	7400 hectáreas
Ancho máximo	20 Km
Volumen útil	1212 millones de m^3
Volumen total	1670 millones de m^3
Energía media	1421 GWH/año
Capacidad instalada	340 MW
Cota de rebose del embalse	128.5 msnm
Cota mínima de operación	107 msnm
Cota máxima de operación	128.5 msnm
Cota de seguridad	132 msnm
Profundidad máxima	67.5 m
Perímetro	248 Km
Área cuenca aportante	4600 Km^2
Caudal de diseño	700 m^3/s
Precipitación media en el sitio de la presa	1859 mm

Caudal medio del río en el sitio de la presa	349 m^3/s
Vida útil	50 años

Nota. Fuente: Vélez, A. (2009). *Propuesta metodológica para la evaluación y cuantificación de la alteración del régimen de caudales de corrientes alteradas antrópicamente, caso Urrá I.* Recuperada de: http://www.bdigital.unal.edu.co/2286/2/71787671.2009_2.pdf

Aumento de la capacidad del embalse.

En febrero de 2010 se culminaron las obras para el proyecto de aumento de la capacidad del embalse. Este proyecto fue concebido con el propósito de controlar las inundaciones provocadas por las crecientes del río Sinú y que no lograron ser controladas con la puesta en marcha de la hidroeléctrica desde el año 2000 (Empresa Urrá S.A. E.S.P, 2014). Lo anterior se debe a que a pesar de ser un proyecto multipropósito que contempla la prevención de inundaciones, la adecuación de tierras del valle del Sinú y la generación de energía, éste último aspecto prima sobre las demás funciones del proyecto, por lo que siempre se ha tratado de mantener un nivel alto del embalse que asegure la generación de energía, esto trae como consecuencia que no se puedan controlar muchas de las crecientes del río Sinú y por lo tanto se generen inundaciones aguas debajo de la presa.

Otro factor que impulsó el proyecto de aumento de la capacidad del embalse fue almacenar y aprovechar dichas crecientes para la producción de energía sin poner en riesgo la seguridad estructural del embalse y las estructuras civiles.

El costo de este proyecto fue de 17 mil millones de pesos. Para la realización del proyecto se incrementó en 2 metros el rebosadero utilizando la tecnología Hydroplus de origen francés. Anteriormente la cota de rebosamiento del era de 128.5 como se apreciaba en la tabla No.13; con el realce se incrementó hasta los 130.5 msnm. Adicionalmente se instalaron 44 diques fusibles en 11 vanos equipados o espacios vacíos y 2 pasos equipados con compuertas oscilantes. Después del proyecto se obtuvo un incremento del espejo de agua de 340 hectáreas, lo cual equivale a un incremento del 4,6% del total del área anterior (7400 hectáreas). El de entrada a la presa se mantuvo igual por lo que el caudal aguas abajo no cambió. La longitud del nuevo rebosadero es ahora 1,8 veces de la longitud del rebosadero original (Empresa Urrá S.A. E.S.P, 2014).



Figura 16: Rebosadero antes (derecha) y después (izquierda).
Fuente: Flórez, C (2014). Proyecto Aumento de la capacidad del embalse Urrá I [Diapositivas de SlideShare]. Recuperado de: http://es.slideshare.net/CarlosFlorez3/aumento-capacidad-embalse.

A continuación se presenta una tabla con las variaciones en los datos técnicos de la hidroeléctrica antes y después de las obras para aumentar la capacidad de almacenamiento del embalse:

Tabla 15. Datos comparativos antes y después del proyecto

Parámetros	**Antes del proyecto**	**Actual**
Área máxima	7400 hectáreas	7740 hectáreas
Volumen total	1670 millones de m^3	1822 millones de m^3
Volumen útil	1212 millones de m^3	1362 millones de m^3
Cota de rebose del embalse	128.5	130.5
Cota mínima de operación	107 msnm	107 msnm
Cota de seguridad	132 msnm	132 msnm

Nota. Fuente: Flórez, C (2014). Proyecto Aumento de la capacidad del embalse Urrá I [Diapositivas de SlideShare]. Recuperado de: http://es.slideshare.net/CarlosFlorez3/aumento-capacidad-embalse.

Acciones llevadas a cabo por la Empresa Urrá S.A.

Parque Nacional Natural Paramillo.

Como medida de compensación por las zonas boscosas inundadas durante la etapa de llenado del proyecto, la empresa Urrá llevo a cabo la siembra de 1975 hectáreas de plantaciones forestales, sin embargo esta medida no fue consultada por el PNN Paramillo para decidir si era la mejor manera de llevar a cabo la compensación por las

417,18 hectáreas de bosques que fueron afectadas directamente por la inundación. Por otro lado la CVS fue el ente que aceptó dicha medida como adecuada para la compensación de las zonas inundadas.

A pesar de que el PNN Paramillo fue uno de los principales actores perjudicados, la única medida que se llevó a cabo para retribuir el daño generado a sus ecosistemas fue la cofinanciación del plan de manejo ambiental que en un principio se planteó, debía ser durante los primeros 20 años de la vida útil del proyecto. Sin embargo a pesar de lo establecido dentro de la resolución 838 de 1999 del Ministerio de Medio Ambiente acerca de la cofinanciación del plan de manejo del parque, la empresa Urrá se opuso a dicha resolución y con el fin de dar respuesta a la oposición presentada por la empresa, se expidió la resolución 965 de 1999, la cual modifica pocos aspectos de la anterior resolución, entre ellos el tiempo de cofinanciación del plan de manejo pasando de 20 años a 10 años.

La cofinanciación según lo establecido en la resolución 838 de 1999 se realizó como medida de compensación por los impactos producidos y por los beneficios de conservación de la cuenca del río Sinú. El monto de cofinanciación fue distribuido en los siguientes porcentajes:

Tabla 16. Porcentaje de financiación del Plan de Manejo del PNN Paramillo por parte de la Empresa Urrá.

Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6 en adelante
70%	70%	50%	50%	40%	30%

Nota. Fuente: Resolución 838 de 1999. Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible, Bogotá, Colombia, 5 de Octubre de 1999.

Durante los dos primeros años la empresa Urrá debería cofinanciar el porcentaje del plan de manejo del parque definido anteriormente y distribuido en las siguientes cantidades de dinero, con el fin de implementar conjuntamente con la Unidad de Parques, medidas de corto plazo que derivaran en una estrategia articulada de manejo y conservación del PNN Paramillo (Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible, 1999) .

Tabla 17. Distribución de la cofinanciación entre Urrá y PNN Paramillo

Actividades del plan de manejo del PNNP	Valor total (millones de pesos)	Urrá (70%)	Parques Nacionales Naturales (30%)
Actividades de seguimiento y monitoreo	524	160	102
Actividades de control y prevención	1023	312	199.5
Actividades de investigación con fines de manejo	92	28	18
TOTAL	1639	500	319.5

Nota. Fuente: Resolución 838 de 1999. Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible, Bogotá, Colombia, 5 de Octubre de 1999.

Desde el tercer año en adelante, el monto de la financiación debería ser definido de acuerdo con el Plan Operativo Anual del parque del año correspondiente, teniendo en cuenta los porcentajes presentados en el cuadro de porcentaje de financiación (Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible, 1999).

Cabe resaltar que el plan de manejo del parque se expidió en el año 2005 y su vigencia fue hasta el año 2011. Actualmente PNN Paramillo se encuentra desarrollando un nuevo Plan de Manejo del PNN Paramillo el cual no es cofinanciado por la Empresa Urrá.

Transferencias del Sector Eléctrico.

En concordancia con lo dictaminado en la ley 99 de 1993 en su artículo 45 acerca de transferencias de recursos por la venta de energía eléctrica, Urrá transfiere en total el 6% de las ventas brutas de energía a los entes jurisdiccionales implicados (CVS, CORANTIOQUA, Municipios de Tierralta, Valencia e Ituango).

La misma ley dispone que estos recursos deben invertirse en obras del plan de desarrollo municipal, con prioridad en proyectos de saneamiento básico y mejoramiento ambiental.

En el caso de la CVS que tiene jurisdicción, tanto en el área de la cuenca hidrográfica como en la del embalse, ésta debe destinar los recursos transferidos para la protección del medio ambiente y la defensa de la cuenca hidrográfica del río Sinú y para el área de influencia del embalse. Estos recursos recaudados por la CVS deben a su vez transferirse a Parques Nacionales Naturales al ser la entidad competente de administrar las áreas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas y específicamente por ser el PNN Paramillo la figura encargada de la protección y conservación de las aguas del río Sinú que nacen dentro de su jurisdicción y que son objeto de utilización por parte de la hidroeléctrica, la cual no podría operar óptimamente sin la intervención que realiza el parque para mantener y conservar la cuenca aportante.

Los recursos transferidos por parte de URRÁ a la CVS, Corantioquia y los municipios Tierralta, Valencia e Ituango en el período comprendido entre el año 2000 y 2015 ascienden a $64.228.695.590 (Empresa Urrá S.A. E.S.P, 2016), los cuales están distribuidos de la siguiente manera:

Tabla 18. Distribución de los recursos transferidos por Urrá entre el año 2000 y 2015

CVS	Corantioquia	Tierralta	Valencia	Ituango
$26.736.832.808	$5.520.431.202	$28.685.537.179	$477.451.387	$2.808.443.013

Nota. Fuente: Empresa Urrá S.A. E.S.P (29 de Diciembre de 2015). Más de 64 mil millones de pesos transferidos por Urrá desde que inició operación hidroeléctrica en Córdoba. Recuperado de: http://urra.com.co/mas-de-64-mil-millones-de-pesos-transferidos-por-urra-desde-que-inicio-operacion-hidroelectrica-en-cordoba/

Comunidades indígenas.

Del total de las 103.517 hectáreas que poseía el territorio Embera-Katío antes de la construcción de la Central, el embalse de Urrá inundó 417 hectáreas de esta comunidad. En compensación por el área inundada se anexaron 12.562,4 hectáreas mediante el acuerdo No. 101 del 15 de febrero de 2007 ampliando el territorio a 116.079 hectáreas legalizadas por el INCODER. Este acto administrativo del INCODER, anexo al actual resguardo (Alto Sinú), el área que la empresa Urra “Saneó” y que corresponden a zonas localizadas al interior del PNN Paramillo en dos sectores de ocupación campesina conocidos como la Bota y el Triángulo. Hoy legalmente esas dos zonas pertenecen al

resguardo Alto Sinú, pero en realidad siguen ocupadas por familias campesinas que argumentan que fueron atropellados por la empresa en el proceso de negociación de las mejoras. Se da también el caso de familias nuevas que han ingresado al territorio en la dinámica del conflicto armado. (PNNC, 2014)

En cumplimiento de la Sentencia emitida por la Corte Constitucional (T-652/98) se ordenó a la Empresa pagar una indemnización en dinero para cada uno de los indígenas de estas comunidades a manera de mesadas asimilables a un subsidio de alimentación, y otro de transporte por 20 años, producto de la interrupción de las actividades de transporte continuo y a la afectación de la alimentación por la limitación del ciclo reproductivo del bocachico, lo que constituye la base de su alimentación (Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible, 1999).

La Corte Constitucional consideró que durante este período la comunidad podría elaborar los cambios culturales, sociales y económicos y adecuar sus usos y costumbres a las modificaciones culturales económicas y políticas que introdujo la construcción de la hidroeléctrica. La Empresa transfiere los recursos a un fondo fiduciario y desde allí gira a los gobernadores locales de cada comunidad, quienes a su vez entregan el pago correspondiente a cada persona, y si son niños, se les entrega a sus madres. El monto que se definió en 1999 fue de 45.463 pesos, de los cuales $24.012 corresponden a un subsidio de transporte y $21.451 corresponden al subsidio de alimentación, sumas que el gobierno ha incrementado anualmente según lo decretado para cada subsidio.

Según la Resolución 838 de 1999, posteriormente en una negociación realizada entre el 18 de agosto y el 2 de septiembre de 1999 entre Urrá S.A y las comunidades pertenecientes a la alianza de cabildos menores del río Esmeralda y fracción del río Sinú se acordó en el cuarto acuerdo del acta de protocolo de cierre del proceso de consulta previa que Urrá debía indemnizar a las comunidades indígenas durante un periodo de 50 años (equivalente a la vida útil del proyecto), mediante el pago de $60.000.000 dentro de los primeros 45 días de cada año, cifra que debía aumentarse anualmente de acuerdo al IPC certificado por el DANE para el año inmediatamente anterior.

Adicionalmente y a raíz de los impactos causados sobre su cultura, la Empresa concertó un Plan de Vida para ser ejecutado en un período de seis años que constaba de 13 proyectos en las áreas social, productiva, cultural y de infraestructura. Una vez culminada la ejecución de dicho Plan, se concertó nuevamente, una extensión de estos proyectos por dos años adicionales.

Plan de educación ambiental.

La empresa desarrolló un plan de educación ambiental sobre la cuenca del río Sinú entre los años 2000 y 2009 que consistió en implementar una estrategia educativa con el fin de generar un proceso de cultura ambiental a favor de la cuenca del río Sinú en el departamento de Córdoba.

Las actividades concretas que se realizaron durante el desarrollo del plan incluyeron:

- Sensibilización a las comunidades sobre el tema ambiental a través de distintos medios de comunicación.
- Organización de grupos ambientales comunitarios en las siete unidades ambientales establecidas en la cuenca.
- Levantamiento de diagnósticos ambientales comunitarios.
- Capacitación en lo técnico y ambiental a comunidades con la participación de profesionales de diferentes disciplinas.
- Formulación, elaboración y ejecución de proyectos ambientales escolares y de proyectos comunitarios de educación ambiental.
- Apoyo a los pequeños productores en la comercialización de productos agroecológicos y orgánicos.
- Promoción y consolidación de los procesos de formación ambiental en los Centros de Educación Ambiental Chapinero en Tierralta, y Las Iguanas en Montería.
- Realización de eventos relacionados con el intercambio de saberes y prácticas culturales entre las diferentes comunidades de la cuenca.
- Realización de ferias ambientales anuales.

Peces.

Después de la desviación del río Sinú por dos canales, la población de peces vio disminuida su población, principalmente de especies como Bocachico (*Prochilodus magdalenae)*, Dorada (*Brycon sinuensis)*, Barbul (*Pimelodus blochii)*, Bagre blanquillo (*Sorubim cuspicaudus)*, Liseta (*Leporinus muyscorum)* y Doncella (*Ageneiosus pardalis).*

El bocachico constituía la fuente proteica más importante de los Embera Katio y el recurso básico de la economía de los pescadores locales. La población de esta especie se vio drásticamente afectada por la desecación de los humedales de la Ciénaga Grande de Lorica y de otros humedales del Alto Sinú provocada por la reducción de los flujos naturales del río después de la construcción de la represa y por la construcción de un dique sobre el caño que comunica la ciénaga de Betancí con el río Sinú por parte de las AUC, lo cual afectó también los procesos reproductivos de las especies reofílicas. (PNNC, 2014)

El bocachico normalmente subía por el río para desovar aguas arriba del dique, en el territorio de los Embera, sin embargo el bocachico no podía enfrentar directamente el agua que salía de los canales a gran velocidad. Debido a esto su población se redujo, afectando directamente a los Embera y a los pescadores locales.

En el plan de manejo ambiental de Urrá consideraba los caudales necesarios en las distintas épocas del año para la migración y reproducción de especies reofílicas. Sin embargo los caudales estimados no son suficientes para asegurar la entrada de las larvas hacia las ciénagas lo cual afecta el ciclo reproductivo de estas especies, sumado a lo anterior, en la parte alta de la presa , no se ha podido establecer el Bocachico, debido a las nuevas condiciones allí existentes, entre otras las corrientes y distancias que requieren estas especies para poder eclosionar los huevos antes de llegar al espejo de agua (Embalse), el cual al ser un cuerpo léntico no permite el transporte de los huevos. De acuerdo con el Monitoreo de ictioplancton, los sitios de desove identificados aguas arriba de la represa (PNN Paramillo), no garantizan que los huevos de Bocachico maduren y logren llegar al embalse en estado de postlarvas, lo que quiere decir, que

están llegando al embalse los huevos que se precipitan al fondo, negando así la posibilidad de que al menos el Bocachico se establezca en este nuevo hábitat. Lo anterior obliga a la empresa a continuar con sus actividades de repoblamiento en la cuenca alta. (PNNC, 2014)

Luego de la entrada en funcionamiento de la hidroeléctrica, los peces vieron reducidas sus rutas migratorias. Antes migraban de las ciénagas (complejo cenagoso del Bajo Sinú y Betancí) a los ríos Verde y Sinú, en donde se encuentra el resguardo indígena Embera Katio. Ahora las poblaciones que se encuentran aguas abajo sólo pueden migrar desde las ciénagas hasta el sitio de la presa.

Después de la mortandad de peces generada luego de la desviación del río Sinú, la empresa tomó la decisión inicialmente de trasladar manualmente los peces aguas arriba de la presa para continuar con su recorrido migratorio. Posteriormente la medida que adoptó Urrá desde el año 2001 fue repoblar el embalse de Urrá con tres especies de peces: Dorada (*Brycon sinuensis)*, Bocachico (*Prochilodus magdalenae)* y Bagre blanquillo (*Sorubim cuspicaudus).* Hasta el año 2009 la empresa comenzó a repoblar el embalse con otras especies de peces como Liseta (*Leporinus muyscorum)*, Barbúl (*Pimelodus blochii)* y Rubio (*Salminus affinis).*

Sin embargo estas medidas no han sido suficientes para recuperar los niveles poblacionales de peces en el río Sinú y para restablecer la pesca tradicional en la zona. En el 2013 un estudio realizado por la Universidad de Córdoba reveló que la pesca en el río Sinú había disminuido en un 50% desde que se construyó la hidroeléctrica, siendo bocachico, el bagre blanco y la dorada las especies más afectadas por el proyecto.

Resultados

Impactos ambientales generados dentro del PNN-Paramillo por la hidroeléctrica Urrá I

La evaluación de impactos se realizó mediante el análisis del documento “Final Report Alto Sinu Project Environmental Study” de la firma Dames and Moore (1983) los cuales fueron estudios previos a la construcción del embalse. También se analizó información reciente sobre las problemáticas ambientales que suscita la operación y mantenimiento del embalse, información de zonas aledañas al PNN Paramillo e información referente a la infraestructura de la hidroeléctrica Urrá I.

La metodología utilizada en la valoración de los impactos es la de VICENTE CONESA, teniendo como resultado en el caso de la hidroeléctrica Urrá I 310 IMPACTOS NEGATIVOS frente a 104 IMPACTOS POSTIVOS. Cada uno de estos impactos fue analizado en 43 factores ambientales (Ver Anexo 1).

Cabe recalcar que las matrices realizadas contemplan una región muy amplia, que de una u otra manera afectaron el PNN Paramillo en su zona norte; pero en términos de “pérdida de biodiversidad” los impactos más relevantes obtenidos en la matriz de valoración se sintetizan a continuación:

Tabla 19. Impactos atribuidos por Urrá I dentro del PNNP

Impacto	Actividad Impactante	Valoración cuantitativa del impacto	Tipo de Impacto
Aumento de la población en zona de conservación.	Procesos licitatorios y compra de predios.	-561,6	Severo
Deterioro de la capa orgánica del suelo.	Llenado del embalse	-705,6	Crítico
Disminución de la porosidad y aireación del suelo.	Llenado del embalse	-348	Severo
Aceleración de procesos erosivos.	Llenado del embalse	-504	Severo

Aumento de sólidos sedimentados, suspendidos y disueltos en el agua y aceleración de procesos de eutrofización.	Llenado del embalse	-518,4	Severo
Aumento en la temperatura del agua y disminución del oxígeno disuelto.	Llenado del embalse	-324	Severo
Alteración en los aportes de caudal desde y hacia otras cuencas.	Llenado del embalse	-540	Severo
Alteración de las geoformas iníciales.	Llenado del embalse	-688,8	Crítico
Afectación de ecosistemas.	Llenado del embalse	-705,6	Crítico
Alteración de paisajes naturales.	Llenado del embalse	-453,6	Severo
Disminución de la cobertura arbórea, arbustiva y herbácea.	Llenado del embalse	-672	Crítico
Disminución poblacional de especies vegetales en peligro o sin identificar.	Llenado del embalse	-705,6	Crítico
Disminución poblacional de especies animales en peligro o sin identificar.	Llenado del embalse	-511,2	Severo
Disminución de poblaciones de peces, anfibios, reptiles y moluscos.	Llenado del embalse	-511,2	Severo

Disminución de población de mamíferos y aves.	Llenado del embalse	-377,6	Severo
Generación de conflictos por el uso del suelo de protección.	Llenado del embalse	-714	Crítico
Disminución de poblaciones de peces, moluscos.	Pruebas de funcionamiento	-330,4	Severo

Nota. Fuente: Autores

A continuación se explica de qué forma los impactos determinados en la matriz son atribuibles a las actividades realizadas por el proyecto hidroeléctrico de Urrá.

Aumento de la población en zona de conservación por proceso licitatorio y compra de predios para la ejecución del proyecto hidroeléctrico Urrá I.

Desde los años 50 se empieza a generar la expectativa en la población de la posibilidad de construir una hidroeléctrica en la angostura de Urrá y sobre el río Esmeralda debido a su potencial hidroeléctrico. Esto se convirtió en un incentivo para que colonos de otros lugares llegaran a ocupar zonas del área actual de la hidroeléctrica y del parque. La llegada de colonos fue el inicio del proceso de degradación ambiental dentro del parque por parte del proyecto hidroeléctrico, principalmente debido al carácter de conservación no compatible con la realización de actividades humanas que se han dado al interior del parque como la extracción de madera para uso doméstico y comercial y el asentamiento en las riberas de los ríos.

Más adelante en los años 80 la actividad colonizadora tuvo su máximo auge cuando el proyecto avanza hacia las etapas de factibilidad y diseño, y se empiezan a realizar actividades muy anticipadas como censos de población en toda la zona de Urrá I y el área en donde se pensaba construir Urrá II, adicionalmente se construyó infraestructura vial al interior del parque (carretera Frasquillo-Mutatá) para el proyecto Urrá II, lo cual llevó a nuevos colonos a ubicarse alrededor de las vías construidas para el desarrollo del proyecto. Sumado a esto, la colonización al interior del parque se vio aún más acelerada principalmente en la cuenca del río Sinú debido a que CORELCA

prometió indemnizar a todos los colonos que se encontraban asentados en el área a inundar y en el área de protección de la cuenca dentro del parque. Prueba de la anterior afirmación, se tiene en los tramos de vías que fueron construidos en el área que permitían ingresar al sitio de presa de Urra II y de los datos capturados en el censo de ocupantes desarrollados por el PNN Paramillo, para sectores como la Bota, Manso-Tigre-Sinú. (PNNC, 2014)

Una vez iniciada la etapa de emplazamiento aumentan las expectativas laborales tanto de mano de obra calificada como no calificada por lo que llega población de otros lugares a asentarse en zonas aledañas al parque, esto generó un choque cultural con las comunidades indígenas allí presentes y dio continuidad a la degradación de ecosistemas naturales al interior del parque. Como se ha mencionado anteriormente, Urrá le giro a los Embera Katío una suma de dinero mensualmente para retribuir los impactos generados en la comunidad respuesta a la sentencia T-652 de 1998, sin embargo esta medida se ha convertido en un factor de aculturación ya que los Embera no estaban acostumbrados a manejar dinero ya que vivían casi exclusivamente de la pesca y agricultura. En teoría, el pago de Urrá se debía destinar para las mesadas, reposición de tierra y proyectos productivos. Pero, en la práctica, ha generado un modelo económico dependiente delimitado por las lógicas de la economía de mercado y es la causa de la división absoluta de los indígenas del Alto Sinú. La pérdida de la cultura Embera ha dado pie para que esta comunidad que antes vivía en total armonía con su entorno, hoy sea otro factor generador de presión sobre el parque.

Todos los impactos mencionados, son impactos secundarios desencadenados por un impacto primario que es el aumento de población en zona de conservación, sin embargo a pesar de ser un impacto cuyo efecto es indirecto, ha causado en gran proporción la pérdida y deterioro de los ecosistemas dentro del parque.

Deterioro de la capa orgánica del suelo por llenado del embalse.

Al finalizar la construcción de la presa y cerrarse las compuertas para el llenado del embalse, empiezan a acumularse inmensas cantidades de agua en la angostura de Urrá . El volumen total de agua alcanza los 1670 millones de m3 en 7400 hectáreas de extensión (Empresa Urrá S.A. E.S.P, 2015) En el corto plazo el agua embalsada

desprende partículas orgánicas del suelo las cuales aumentan los niveles de solidos suspendidos y disueltos, esto se puede constatar en el aumento de los niveles de materia orgánica y al descenso de oxígeno disuelto en las aguas del embalse. En la actualidad las 417,18 hectáreas inundadas del PNN Paramillo (o la gran mayoría) se han afectado irreversiblemente en el factor edafológico del suelo, ya que los componentes orgánicos que lo conforman se disolverán y/o suspenderán dentro del embalse. Sumado a lo anterior el sometimiento constante de la presión del agua, imposibilita la producción vegetativa y su papel en el ciclo regenerativo de estos suelos.

Aceleración de procesos de eutrofización por el llenado del embalse, aumento en la temperatura del agua y disminución del oxígeno disuelto por el llenado del embalse.

Debido a que no se retiró en su totalidad la biomasa presente en la zona, se inició la descomposición ésta en el embalse proveniente de las 7400 hectáreas que se inundaron. Esto tiene como consecuencia un proceso de eutrofización del embalse debido a un mayor aporte de nutrientes caracterizado por un aumento en las concentraciones de fósforo y nitrógeno, mayor sedimentación, disminución del oxígeno disuelto y un incremento en la turbiedad del cuerpo de agua.

La figura 17 muestra los resultados obtenidos en un estudio realizado por la Universidad de Córdoba específicamente para el embalse de Urrá, para el cual se evidencia un descenso en el pH y en los niveles de oxígeno disuelto (DO) y un aumento en la concentración de materia orgánica (MO) entre los años 2004 y 2008.

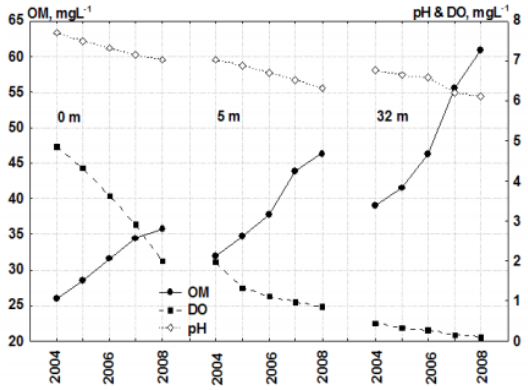


Figura 17. Concentración de oxígeno disuelto, pH y materia orgánica en el embalse de Urrá.

Fuente: Marrugo, J., Navarro, A., Ruiz, Javier., (Febrero, 2015). Concentraciones de mercurio total en peces del embalse Urrá (río Sinú, Colombia). Seis años de monitoreo. *Revistas MVZ Córdoba, (20)* n.3, pp. 4754-4765.

El estudio se realizó a diferentes profundidades en el embalse (0m, 5m y 32m) y para todos los casos se evidencia la misma tendencia en la gráfica, siendo aún más bajos los niveles de Oxígeno disuelto a mayores profundidades, debido a que el oxígeno disuelto proviene de la actividad fotosintética de las plantas acuáticas, la cual se realiza en los estratos más iluminados del embalse es decir en las zonas más superficiales donde penetra mejor la luz.

El oxígeno disuelto y la temperatura están estrechamente relacionados entre sí debido a que las temperaturas bajas favorecen la solubilidad del oxígeno en el agua. Por esta razón se puede inferir que la temperatura del embalse ha ido aumentando progresivamente en relación inversa al comportamiento del oxígeno disuelto. Sumado a esto, la materia orgánica favorece la proliferación de fitoplancton al estar disponibles una mayor cantidad de nutrientes, lo que a su vez conlleva a una pérdida en la transparencia del agua, disminuyendo la fotosíntesis por la deficiencia de luz y aumentando la descomposición de la materia orgánica y la demanda de oxígeno.

Según Moreta (2008), debido a la disminución de oxígeno disuelto se presenta un descenso en las poblaciones de organismos aerobios y se aceleran los procesos de fermentación, desprendiendo gases como el metano y amoníaco.

Un factor determinante para establecer si un cuerpo de agua es eutrófico es su grado de acidez, debido entre varios factores a que con la descomposición de la biomasa se genera dióxido de carbono que al combinarse con el agua forma ácido carbónico. Los cuerpos de agua eutróficos se caracterizan por poseer un pH ácido (entre 3.3 y 4.5). De acuerdo a la figura 17 el pH se encuentra por encima de estos valores, sin embargo aunque no se puede concluir que el embalse sea eutrófico, si se puede evidenciar una tendencia descendiente durante los 4 años del estudio que muy probablemente se mantuvo durante los siguientes años.

Alteración en los aportes de caudal desde y hacia otras cuencas por el llenado del embalse.

El proyecto hidroeléctrico Urrá I fue concebido principalmente para el control de inundaciones y para la generación de energía, sin embargo adicionalmente debe cumplir con una serie de obligaciones establecidas en la resolución 838 de 1999 del MADS con el fin de garantizar unos eventos máximos en el río y unas descargas mínimas aguas abajo que aseguren según Vélez (2009):

> El sostenimiento del ecosistema, también mantener con ciertos márgenes de variabilidad el comportamiento de la serie natural de caudales y niveles a las distintas escalas de tiempo (mensual, semanal, diaria y horaria), especialmente en una cuenca que tiene ecosistemas acuáticos tan diversos e importantes como lo es el Complejo Cenagosos del Bajo Sinú y donde su dinámica hídrica depende en un alto porcentaje de los intercambios con el río Sinú. (p.4-8)

Las obligaciones de Urrá con respecto a la descarga de caudales establecidas en la resolución 838/99 incluyen aspectos contenidos en los siguientes numerales:

1.3.4 Caudal y niveles: Con un monitoreo con frecuencias iguales a las establecidas para el oxígeno disuelto, la Empresa URRA S.A. E.S.P. deberá preparar una curva de oxígeno disuelto contra caudal. Para la estación ubicada en el sitio de descarga al cauce del río Sinú y para las ubicadas en los caños, se debe tener el registro continuo de caudales con los limnígrafos.

1.6.1 La Empresa URRA S.A. E.S.P. deberá garantizar el intercambio de agua ríociénagas simulando las curvas históricas de caudales naturales del río.

1.11. La Empresa URRA S.A. E.S.P. deberá garantizar en todo momento una descarga mínima de 75 metros cúbicos por segundo que permita la descarga por la estructura de carga de las turbinas. Igualmente una vez alcanzada la cota, la Empresa no podrá efectuar descargas por las compuertas de fondo, salvo que debido a condiciones de lluvias extremas y con el objeto de garantizar la capacidad reguladora del embalse, se haga necesario efectuar descargas por dichas compuertas. Lo anterior solo

podrá ser realizado previa información a este Ministerio y en todo caso deberá garantizar la calidad del agua en las condiciones señaladas en el punto 1.1. del presente artículo.

Según un estudio realizado por Vélez (2009), en el embalse se genera una tendencia de almacenar agua en los meses con aportes de caudales altos y de realizar mayores descargas en la temporada de caudales bajos con el fin de generar energía energía. Como hecho más relevante se tiene el cambio de condiciones de altas descargas de caudal en temporada de aguas bajas y viceversa.

Otro factor importante evidenciado es que a pesar de que Urrá ha estado cumpliendo con las reglas de operación para simular los caudales naturales mensuales, esto no se ha evidenciado en los meses de febrero, marzo y octubre, meses para los cuales según la figura 18 se presenta un rango muy amplio de variabilidad con respecto a los caudales medios históricos, siendo estos meses donde mayores cambios de caudales existen.

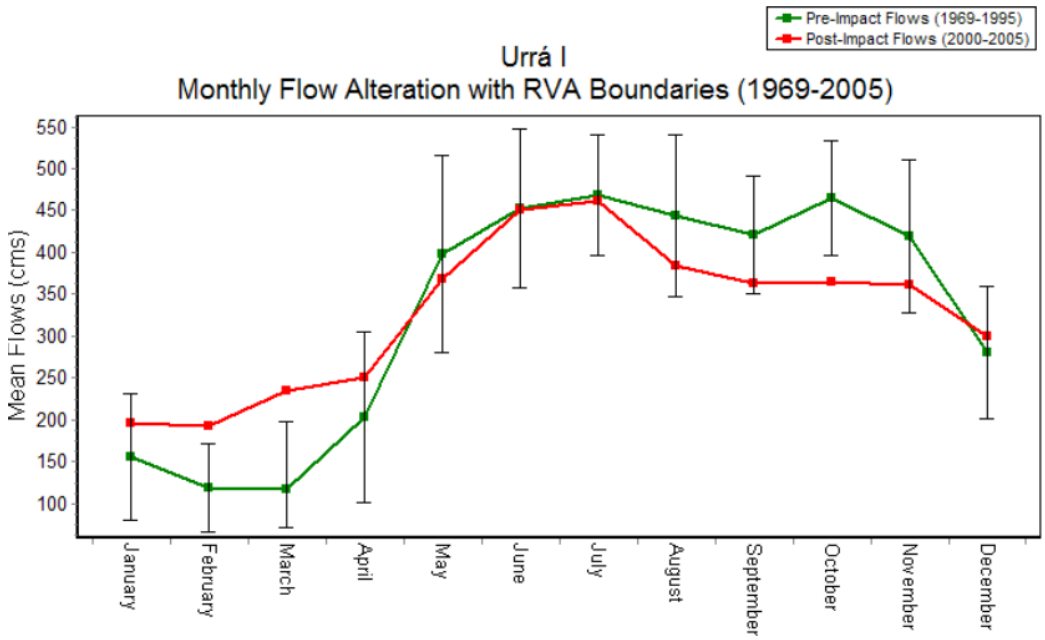


Figura 18: Variación en los caudales descargados antes y después del embalse de Urrá.
Fuente: Vélez, A. (2009). *Propuesta metodológica para la evaluación y cuantificación de la alteración del régimen de caudales de corrientes alteradas antrópicamente, caso Urrá I.* Recuperada de: http://www.bdigital.unal.edu.co/2286/2/71787671.2009_2.pdf

Según el mismo estudio de Vélez (2009):

> La operación de Urrá I ha causado que los caudales medios del río Sinú sean mayores en el periodo de aguas bajas (diciembre, enero, febrero, marzo y abril) y sean más bajos para los meses de aguas altas (mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre). Además, el mes de máximas aguas altas pasó de ser octubre en condiciones naturales a ser julio después de la operación de Urrá I. Caso similar se presenta para los caudales de aguas bajas pasando a ser el mes más seco febrero, después de la entrada en operación de Urrá I, donde naturalmente era marzo en la serie natural. Es evidente como el efecto de almacenamiento del embalse se acentúa y se tiene como periodo de almacenamiento el final de la temporada de aguas altas (agosto, septiembre, octubre y noviembre) y como periodo de descarga de ese volumen almacenado el periodo de aguas bajas (diciembre, enero, febrero, marzo y abril). (p. 4-22)

Los cambios en las descargas de caudal desencadenan impactos aguas abajo que se relacionan indirectamente con el parque, sin embargo se trata de un impacto muy sinérgico por lo que las descargas aguas abajo del embalse generan una serie de impactos dentro del parque principalmente relacionados con la disminución del hábitat de especies acuáticas, sus rutas de migración y desove, la reducción en la disponibilidad de agua para animales terrestres en algunos periodos del año, así como una menor disponibilidad de alimento para especies en crecimiento y una limitación en el acceso a zonas de predación y caza. Estos impactos se tratarán de forma profunda más adelante.

Disminución de la porosidad y aireación del suelo por llenado del embalse.

La porosidad, se expresa como el porcentaje del volumen del suelo ocupado por poros, o lo que es lo mismo, el porcentaje del volumen del suelo no ocupado por sólidos (Sanclemente, 2011). La porosidad siendo una propiedad física del suelo es la que permite determinar en la mayoría de los casos la velocidad de infiltración (y posterior percolación) del agua a traves del suelo así como también la capacidad de retención de fluidos, esta ultima de vital importancia al determinar zonas proclives a inundaciones. En teoría al saturarse los poros de los suelos con agua en las 417,18 hectáreas del PNN-Paramillo es inherente una pérdida en la capacidad de infiltración ya que la capa orgánica

que se mantiene en el lecho es la que permite que toda el agua del embalse no se pierda debido a la alta impermeabilidad de las arcillas orgánicas del suelo, Impermeabilidad causada por la alta compactación de partículas generada por la presión del agua.

Disminución poblacional de especies en peligro (animales y vegetales) o sin identificar por el llenado del embalse.

Peces.

Como se ha mencionado anteriormente el PNN Paramillo cuenta con registros de un total de 45 especies de peces, no obstante, la construcción y operación de la hidroeléctrica afectó varias de estas especies debido principalmente a que la represa se convirtió en una barrera física para la migración de los peces.

Las especies del parque que se encuentran en el Libro Rojo de Peces Dulceacuícolas de Colombia (2012) son:

Tabla 20. Especies del PNN Paramillo documentadas en el libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia (2012).

Especie (Nombre científico)	**Nombre Común**	**Categoría Nacional de amenaza**
Ageneiosus pardalis (Lütken 1874)	Doncella	Vulnerable (A2c,d)
Curimata mivartii (Steindachner 1878)	Sardina	Vulnerable (A2d)
Cynopotamus atratoensis (Eigenmann 1907)	Cachana	Vulnerable (A2d)
Leporinus muyscorum (Steindachner 1900)	Liseta	Vulnerable (A2d)
Panaque cochliodon (Steindachner 1879)	Comelón	Vulnerable (A2d)
Prochilodus magdalenae (Steindachner 1878)	Bocachico	Vulnerable (A2c,d)
Salminus affinis (Steindachner 1880)	Rubio	Vulnerable (A2c,d)

Sorubim cuspicaudus (Littmann, Burr y Nass 2000)	Bagre blanco	Vulnerable (A2c,d)
Brycon sinuensis (Dahl 1955)	Dorada, Charua	Casi amenazada
Caquetaia umbrifera (Meek y Hildebrand 1913)	Mojarra negra	Casi amenazada
Hypostomus hondae (Regan 1912)	Coroncoro	Vulnerable (B2biii)
Zungaro zungaro schultzi (Dahl 1955)	Bagre sapo	Casi amenazada
Saccodon dariensis (Meek y Hildebrand 1913)	Robalito	Preocupación menor

Nota. Fuente: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. (2012). *Libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia*. Bogotá D.C: Mojica, J., Usma, J., Álvarez, R. y Lasso, C.

La regulación en los caudales descargados por Urrá generó impactos sobre los ciclos biológicos de los peces que según Atencio (2000), son principalmente migración, desove y desarrollo inicial, los cuales están estrechamente relacionados con el régimen de lluvias, es decir con el caudal. Las interacciones de las ciénagas son de vital importancia para las especies migratorias debido a que generalmente al final del periodo de lluvias las ciénagas tienden a reducir su espejo de agua, lo cual trae como consecuencia una disminución en la disponibilidad de alimento lo que estimulaba a los peces (antes de la construcción de la hidroeléctrica) a migrar aguas arriba donde las aguas son de mejor calidad y podían llevar a cabo su etapa de maduración.

Los peces utilizan una estrategia de ahorro de energía la cual se basa en migrar hacia otras zonas (aguas arriba) en épocas de poco caudal (épocas secas) con el fin de utilizar dicha energía en la maduración gonadal. Las áreas de maduración se caracterizan además de su alta calidad porque la velocidad de la corriente es baja permitiéndoles ahorrar energía al disminuir el esfuerzo de nadar contra corriente. Cuando

llega el periodo de lluvia los peces migran nuevamente hacia otras zonas para llevar a cabo el desove y su maduración final (Atencio, 2000).

En un estudio realizado por Otero, González, Solano y Zappa(1986) se identificó que muchas de las especies de peces antes de la construcción de la hidroeléctrica salían de la Ciénaga Grande de Lorica y la ciénaga de Betancí y migraban hacia zonas del Alto Sinú, distribuyéndose por los ríos Verde, Esmeralda, Manso y Tigre y las quebradas Naín, Cruz Grande, Urrá, Tuistuis y Tay, algunas poblaciones de peces se quedaban en la zona comprendida entre la angostura de Urrá y Tierralta, principalmente aquellos provenientes de la Ciénaga Grande de Lorica.

Dentro de las especies amenazadas de extinción que fueron afectadas por la hidroeléctrica se encuentra el Bocachico (*Prochilodus magdalenae)*, el cual según Amaya (1995) presentaba en la cuenca del Sinú dos tipos de poblaciones. La primera se distribuía desde el bajo Sínú hasta los ríos Verde y Esmeralda y la segunda distribuida en el sistema Manso-Tigre.

El Bocachico desovaba en el área próxima a la represa, entre Pascaballos y Tierralta (Atencio, Solano y Quiroz, 1997), ésta zona es sin lugar a dudas la más afectada desde la etapa de llenado debido a que es la que recibe directamente las descargas del embalse que como se mencionaba anteriormente no es la apropiada para las especies de peces debido a su descenso en los niveles de oxígeno disuelto. Así mismo, el embalse fragmentó el hábitat del Bocachico debido a que dividió la zona en tres partes (aguas arriba, el embalse y aguas abajo), haciendo imposible la tarea de nadar en contra de las altas corrientes provenientes de la presa.

La afectación sobre las poblaciones de Bocachico se puede evidenciar en un estudio realizado por Valderrama y Solano en 2004 que analiza el estado de esta especie durante los primeros años de funcionamiento de la hidroeléctrica. En este estudio es posible evidenciar que la biomasa desovante y el reclutamiento (ingreso de nuevos peces a la población) entre 2001 y 2002 presentan los más bajos registros históricos (ver tabla 20). Cabe resaltar que es en el año 2000 cuando inicia la operación de la hidroeléctrica, lo cual ocasionó dichos impactos sobre la dinámica de los peces principalmente por la regulación del caudal por parte de Urrá.

Tabla 21. Reclutamiento y biomasa establecidos para el bocachico P. magdalenae en la Cuenca del Rio Sinú (1997-2002)

Año pesquero	Reclutamiento R (número)	Biomasa media adulta Ba (t)	Biomasa media desovante Bmd (t)
97/98	2’966.492	123	97
98/99	10’508.070	332	279
99/00	7’114.906	204	156
00/01	2’752.334	73	55
01/02	1’470.037	41	32
Promedio	4’962.368	155	124

Nota. Fuente: Valderrama, M., Solano, D, (2004). Estado de la población de Bocachico, Prochilodus magdalenae (pisces: characiformes), y su manejo en la cuenca del rio Sinú, Colombia. *Dahlia Revista de la Asociación Colombiana de Ictiólogos, (7),* pp. 3-12.

En la tabla se evidencia un reclutamiento muy bajo para el periodo 97-98 debido a que previamente, en el año 1996 se dio la desviación del río Sinú, hecho que afectó gravemente las poblaciones de peces debido a que el agua que salía de los túneles bajaba a gran velocidad impidiendo a los peces migrar aguas arriba. Según Valderrama y Solano (2004), desde el año 2000 también se ha observado una tendencia creciente en la tasa de mortalidad por pesca del Bocachico, lo cual se debe principalmente a la reducción y fragmentación de su hábitat desde la construcción de la presa, situación que hace más vulnerables las poblaciones de bocachicos por la actividad pesquera, esta última se ha intensificado desde el año 2000, aprovechando la condición de vulnerabilidad del Bocachico.

Otro pez altamente afectado por la construcción del embalse es la Dorada o Charua (*Brycon sinuensis*), debido a que sus desoves ocurrían entre la angostura de Urrá y la desembocadura del río Esmeralda es decir aguas arriba de la zona donde actualmente está el embalse. Cabe resaltar que esta especie es endémica de la cuenca del Sinú, es decir su conservación en esta zona es de gran importancia para la supervivencia de esta especie que se encuentra en categoría de casi amenazada. Sin embargo la situación actual en la que se encuentra pone en un riesgo aún mayor a la

especie. La especie ha visto reducida su población principalmente en la zona del parque debido a que luego de la construcción de la hidroeléctrica se fragmentó su hábitat y ahora sus desoves ocurren solamente entre la presa y el municipio de Tierralta en un tramo de 44,5 km aguas debajo de la presa.

El periodo de lluvias y las variaciones de caudal son estímulos para el apareamiento y desove de la Dorada entre abril y junio, situación que se ve afectada debido a las modificaciones de caudal luego de la entrada en operación de la presa que actualmente hace menores descargas para los meses lluviosos, alterando el régimen natural del río (ver figura 18).

Anteriormente la especie migraba desde las ciénagas de Lorica y Betancí hasta los ríos Manso, Verde y Esmeralda, recorriendo distancias de entre 100 y 400 km, actualmente sólo puede migrar hasta la presa de Urrá, recorriendo tramos de hasta 250 km, esta reducción en sus áreas de desove y migración ha hecho que la especie sea más vulnerable a la pesca debido a que se concentra principalmente entre la presa y Tierralta, situación similar a la que ocurre actualmente con el Bocachico.

La misma situación ocurre con la Doncella (*Ageneiosus pardalis*) que también vio reducida su población en la cuenca del alto Sinú en la zona aguas arriba de la presa pues sus desoves se realizaban en esta zona. En los primeros años de construcción de la presa la especie estuvo en peligro de extinción, sin embargo la especie actualmente se encuentra en categoría vulnerable. Esto podría indicar que la especie se ha recuperado y adaptado a las nuevas condiciones del río, no obstante, las capturas de esta especie se han visto reducidas en la zona del bajo Sinú lo que indica que su población no se ha recuperado totalmente en estas zonas.

Una especie poco estudiada en la cuenca del Sinú y que también se ha visto afectada es la Cachana (*Cynopotamus atratoensis),* se conoce que la especie habita en las cuencas del Atrato y Sinú; en esta última habita desde San Bernardo del Viento hasta el río Manso, realizando migraciones cortas. Actualmente no se conoce cómo afectó las rutas migratorias y el desove a esta especie la construcción de la presa, sin embargo se conoce que la especie pasó de no presentar ninguna categoría de amenaza en el libro rojo del 2002 a incluirse en el libro rojo del año 2012 bajo la categoría de vulnerable.

Otro impacto similar se generó sobre la Liseta (*Leporinus muyscorum),* siendo la quinta especie más importante de las pesquerías del río Sinú (Mojica, Álvarez, & Lasso, 2012), se ha visto afectada debido a que su captura se ha incrementado en la cuenca del Sinú ya que la producción pesquera de especies tradicionales se ha visto disminuida, principalmente de especies como el Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y del bagre blanco (*Sorubim cuspicaudus*). Sumado a esto la captura de esta especie es soportada por individiuos muy pequeños y jóvenes, por lo que la especie atraviesa una situación crítica debido a que sus poblaciones en crecimiento y reclutamiento están siendo objetivo principal de pesca (Olaya, Segura, Tordecilla, & Appeldoorn, 2007). Es importante señalar que esta especie ingresó al libro rojo de peces dulceacuícolas desde el año 2012 bajo categoría de vulnerabilidad, por lo que se puede inferir que a partir de los impactos generados por la hidroeléctrica hacia especies de pesca tradicionales se generó una presión hacia la Liseta, por lo cual aunque no se puede determinar que su afectación se generó por construcción la presa (debido a que realizan migraciones cortas), si se puede establecer que se generó un impacto indirecto hacia ella.

De la misma forma que con otras especies, el Rubio (*Salminus affinis)* experimentó una fragmentación de su hábitat. Pocos años antes se empezó a distribuir libremente entre las cuencas alta y baja del río Sinú. Sin embargo posteriormente perdió las zonas de maduración, desove y migración a las que se había acostumbrado. A raíz de la presa la especie se dividió en dos poblaciones una población aguas arriba y la otra aguas abajo. Además de lo anterior, la especie ha experimentado una sobreexplotación debida principalmente a que muchos peces se concentran aguas abajo de la presa intentando migrar aguas arriba de la presa, situación que no ha sido posible para ninguna especie, por lo que quedan concentradas en esta zona, haciéndolas más vulnerables por la actividad pesquera (Olaya, Tordecilla y Segura, 2008).

Dentro de las especies tradicionales de pesca se señalaba el Bagre Blanco (*Sorubim cuspicaudus*), cuya población se vio reducida en un principio por la entrada de Urrá, lo cual se evidencia en la reducción de sus capturas y tallas en la cuenca del río Sinú. Sin embargo las acciones de repoblamiento por parte de Urrá han reducido el impacto hacia esta especie.

Las anteriores especies mencionadas son las que se conoce que se han visto afectadas por la hidroeléctrica de Urrá, sin embargo se presume la afectación de otras especies como el Robalito, el Coroncoro, el Bagre Sapo, la Mojarra Negra, la Sardina y el Comelón, no obstante no se tiene información que demuestre dicha afectación o en algunos casos la afectación fue mínima.

Para las especies impactadas por Urrá, la empresa ha venido realizando repoblamientos de especies como Rubio, Dorada, Bocachico, Liseta, Barbúl y Bagre Blanco, en función de mejorar su situación y reducir el riesgo de extinción. A pesar de esto se ha evidenciado un empobrecimiento genético en individuos de Bocachico debido a que los alevinos con los que se realiza el repoblamiento provienen de pocos parentales y además se ha evidenciado la presencia de varios linajes exógenos, producto de repoblamientos efectuados con individuos provenientes de parentales de otras cuencas del país (Burbano & Usaquén, 2003). Con respecto a las otras especies introducidas no existen registros que indiquen el empobrecimiento genético, sin embargo según Moreira, Hilsdorf, Silva y Souza (2007), siempre existe una pérdida de variabilidad genética en la piscicultura debido a un mal manejo reproductivo al cruzar individuos emparentados, lo cual aumenta el coeficiente de endogamia. En los criaderos de peces lo más común es que se seleccionen individuos con las características más favorables, dejando como consecuencia la endogamia entre individuos relacionados genéticamente, lo cual se traduce en una pérdida de la variabilidad genética de los reproductores y sus progenies (Lopera, Ribeiro, Povh, Gomes, Vargas, & Oliveira, 2008).

La otra problemática que presenta el recurso íctico en el río Sinú es la contaminación con metil mercurio (MeHg). Marrugo et al, 2012 reportan altas concentraciones de este metal pesado considerado altamente nocivo para la salud, en varias especies de peces presentes en el Embalse de Urra. Las especies reportadas son el Moncholo (*Hoplia malabaricus*), Mojarra amarilla (*Caquetaia kraussii*), Liseta (*Leporinus muyscorum*), Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Yalua (*Cyphocharax magdalenae*), todas especies consumidas por las comunidades que viven en el entorno del embalse.

La Doncella y el Moncholo son las especies con mayores concentraciones de mercurio. La Doncella presenta concentraciones de 1,434-1,598 µg/g para el año 2009 y 1,547-1,579 µg/g para el 2010 y el Moncholo 0,647 - 2,248 µg/g para el año 2008, 0,954 - 1,932 µg/g para el año 2009 y 1,044 – 1,329 µg/g para el año 2010, superando los límites máximos permisibles por la OMS para consumo humano (0,5 µg/g) durante todos los años del estudio. Esto debido principalmente a su naturaleza carnívora lo cual trae como consecuencia la bioacumulación y biomagnificación del mercurio en la cadena trófica, siendo aquellas especies ubicadas en los niveles superiores las que acumulan mayores concentraciones respecto a las especies de niveles inferiores.

Sobre la contaminación por mercurio en los peces, Marrugo et al (2012) afirman que:

> Los altos niveles de mercurio en peces de muchos embalses, son resultado del incremento en la movilidad y biodisponibilidad del mercurio seguido a la inundación (Wasserman et al., 2003). Cuando un territorio es inundado en el llenado de un embalse, el carbono orgánico contenido en el suelo y la vegetación es liberado, generando un incremento en la actividad bacteriana por la descomposición de la materia orgánica y consecuentemente una disminución en los niveles de oxígeno; estas condiciones de anoxia son las adecuadas para la transformación del mercurio inorgánico en formas orgánicas como el metilmercurio, de esta manera disponible para la biota (Toumola et al., 2008). Se ha establecido que el MeHg en los ambientes acuáticos se forma principalmente por biometilación del mercurio depositado en los sedimentos, con las bacterias reductoras de sulfuros como las más importantes mediadoras del proceso (Ullrich et al., 2001, Feng et al., 2009). (p.3-4)

Se debe resaltar que la contaminación por mercurio fue reportada para especies que se encuentran tanto dentro del embalse como aguas abajo del mismo por lo que se evidencia que la contaminación por mercurio se ha extendido más allá de este, afectando la ictiofauna a lo largo del río (Marrugo 2012).

Tabla 22. Concentraciones de mercurio encontradas en 4 especies de peces en el embalse de Urrá entre los años 2008 y 2010.

Especie	Año	Número de ejemplares	Concentración de Mercurio Min-Máx
Moncholo	2008	7	0,647 - 2,248
	2009	6	0,954 - 1,932
	2010	4	1,044 – 1,329
Doncella	2008	-	-
	2009	3	1,434 - 1,598
	2010	2	1,547 - 1,579
Liseta	2008	6	0,226 - 0,465
	2009	5	0,278 - 0,537
	2010	-	-
Bocachico	2008	4	0,176 - 0,251
	2009	6	0,174 - 0,275
	2010	3	0,184 - 0,231

Nota. Fuente: Marrugo, J (2012). Informe final proyecto: exposición humana al mercurio en las zonas de influencia de la represa de Urrá y evaluación de calidad ambiental por hidrocarburos aromáticos policíclicos en el embalse.

Mamíferos.

Mono tití cabeciblanco (Saguinus oedipus).

La especie se encuentra en la lista roja de la UICN (Unión internacional para la conservación de la naturaleza) bajo la categoría de Peligro crítico (A2cd) de extinción; a nivel nacional según el libro rojo de mamíferos de Colombia se encuentra en estado vulnerable. La destrucción de su hábitat es la principal razón de amenaza para esta especie. Dentro del PNN-Paramillo sus mayores amenazas son la destrucción del bosque, la tenencia como mascota y el tráfico ilegal que se ha intensificado debido a varios factores entre ellos la entrada de colonos y el fortalecimiento de actores armados al margen de la ley dentro del parque por las expectativas generadas por la hidroeléctrica. Además de estas amenazas, la hidroeléctrica fragmentó parte del hábitat de esta especie al inundar parte del ecosistema de bosque húmedo tropical donde habita.

Mono aullador rojo (Alouatta macconnelli):

Se encuentra bajo categoría de preocupación menor según la UICN. La inundación por parte de la hidroeléctrica fragmentó su hábitat, que aún sigue generando un impacto debido a la erosión por los cambios en el nivel de agua del embalse (Ortiz, Pérez, Racero, Linares, & Chacón, 2015). La población de monos aulladores quedó aislada, quedando grupos distribuidos de primates en la zona. En el estudio realizdo por Ortiz et al. (2015) se identificaron tres grupos de primates; uno en la zona de Crucitó (Isla Gaitá) en donde la mayor preocupación es que se encontró una densidad poblacional alta que se puede ver afectada debido al reducido espacio que comparten junto con otras poblaciones de primates, lo cual limita los recursos para la especia y aumenta la capacidad de carga del lugar que en algún momento se puede hacer insostenible.

Otro grupo estudiado en el área de la represa presentó una distribución poblacional que puede representar problemas debido a que se encontró un número de hembras adultas sin individuos juveniles; esta situación pone en riesgo de extinción local a este grupo poblacional. La situación de aislamiento en la que se encuentra la especie también genera problemas para los individuos juveniles debido a las pocas posibilidades de dispersión para formar nuevos grupos (Ortiz et al. 2015).

Jaguar (Panthera onca):

Según la lista roja de la UICN se encuentra bajo categoría de Casi Amenaza, para Colombia se encuentra en categoría de vulnerabilidad según el libro rojo de mamíferos; la principal presión es la destrucción del bosque y la cacería de control que realizan los campesinos por el conflicto de depredación de animales domésticos. Además se tienen reportes de contaminación por mercurio en individuos encontrados en la zona amortiguadora del PNN Paramillo en el Municipio de Tierralta (Racero et al 2012).

En los individuos encontrados se hallaron niveles de mercurio en las piezas dentales; los resultados obtenidos para dos individuos analizados no superaron los límites permitidos para fauna silvestre; no obstante Racero et al (2012) aseguran que si se pudieran obtener muestras de sangre u órganos como el hígado, probablemente los niveles de mercurio serían mucho mayores debido a que es en estos lugares donde se almacena el mercurio. Como ya se ha documentado anteriormente, los niveles de

mercurio en el embalse se deben al estancamiento de las aguas y la descomposición de la materia orgánica. Se ha establecido que el mercurio puede tener efectos sobre la reproducción de especies ya que disminuye el potencial reproductivo y también puede llegar a causar la muerte de la especie.

Los niveles de mercurio en el Jaguar pueden llegar a aumentar debido a que se encuentran en un nivel muy superior en la cadena trófica en donde el potencial de bioacumulación de metales es mucho mayor.

Reptiles.

Caimán de Aguja (Crocodylus acutus).

La categoría de amenaza para esta especie por la UICN es Vulnerable (A2cd). A nivel nacional se encuentra en peligro crítico de extinción según el libro rojo de reptiles de Colombia. Las poblaciones del Caimán se vieron afectadas según Parques Nacionales Naturales de Colombia (2014):

> Con la construccion del proyecto hidroelectrico URRA, puesto que la presa fragmento el habitat de esta especie quedando dos poblaciones restringidas; las que estan localizadas aguas arriba de la presa y las localizadas aguas debajo de la presa. En la actualidad se tienen identificadas poblaciones de esta especie al interior del Parque en el sector de los ríos Manso y Tigre.

Tortuga de río (Podocnemis lewyana):

Según Páez, Restrepo, Vargas, Bock y Gallego (2012), “es una especie endémica de las cuencas de los ríos Magdalena y Sinú, que habita su cauce principal, sus caños y a veces sus ciénagas”. En la cuenca del río Sinú se tiene confirmada su existencia desde el corregimiento de Carrizola (Tierralta) hasta el Trementino (San Bernardo del Viento), cerca de la desembocadura del río en el mar Caribe (Gallego & Castaño, 2008). Dentro del PNN Paramillo se reportó su existencia en la boca del río Verde en 1964 por Dahl y Medem.

Esta especie desova en playas y riberas del Sinú entre los últimos días de diciembre y marzo, lo cual coincide con la temporada seca en la región (Páez et al, 2012).

Actualmente se encuentra en peligro de extinción según la UICN y se encuentra en la misma categoría en el libro rojo de reptiles de Colombia. Según Páez et al (2012).

> Una amenaza para la supervivencia de huevos de tortuga en el Sinú son las frecuentes e imprevistas inundaciones de las playas, causadas por la generación de energía de la hidroeléctrica de Urrá. Antes de la construcción de la hidroeléctrica, el régimen de caudales del río Sinú correspondía a un periodo seco desde mediados o finales de diciembre, hasta mediados o finales de abril, y a un periodo de caudales abundantes durante los meses restantes. Estos regímenes de precipitación determinaban el afloramiento de las playas, dando inicio a las posturas. A partir del año 2000, cuando la hidroeléctrica entró en servicio, la estacionalidad del río quedó sujeta a la producción de energía de la central y no al régimen de lluvias. (p.19)

Lo anterior se puede evidenciar en la figura 18 en donde se observa que los meses que más se alejan de la tendencia histórica de los caudales del río son febrero, marzo y octubre, coincidiendo los dos primeros con la época de desove de la tortuga. Los mayores impactos hacia esta especie de dieron según Páez et al (2012) durante los primeros diez años de operación debido a que la central sólo podía operar con una o cuatro unidades según la reglamentación del sector eléctrico, lo cual generaba que la hidroeléctrica sólo pudiera descargar caudales muy bajos o muy altos. Esta tendencia generó que los cambios repentinos del caudal provocaran la inundación de las playas de anidación, ahogando los nidos que encontraban en incubación y dificultando lugares óptimos para el desove.

La presa constituye una barrera física que además de generar modificaciones del caudal también impide el desplazamiento de esta especie causando el aislamiento de poblaciones, lo cual dificulta el intercambio genético de la especie.

A pesar de que a la fecha no se sepa con certeza si la tortuga habita la zona del parque, si hay registros que lo comprueban en años anteriores a la presa por lo que la hidroeléctrica pudo haber sido un factor de presión de esta especie en el alto Sinú; así mismo el llenado de las 7400 hectáreas imposibilitó el estudio de la biodiversidad de la zona y pudo llevar a la extinción local a especies que nunca se habían estudiado o que

se habían identificado vagamente en la zona. Se considera que las poblaciones de la tortuga de río fueron diezmadas por la sobre explotación y por los cambios en la dinámica hídrica del río Sinú. Sin embargo no se descarta la presencia de la especie al interior del AP, puesto que campesinos que viven al interior del parque sobre la cuenca del río Sinú mencionan observar algunos individuos, en algunas temporadas del año. Por lo que se requiere más investigación al respecto.

Aves.

Pavón Colombiano (Crax alberti):

Bajo la clasificación del libro rojo de la UICN se encuentra como una especie en peligro crítico (A3bcd) de extinción. En el PNN-Paramillo se encuentra perturbada debido a la colonización, extracción de madera, cultivos de coca (amenazas acentuadas indirectamente por la hidroeléctrica de Urrá) y por la destrucción de parte de su hábitat debido a la inundación de las 417,18 hectáreas del parque. Según el libro rojo de aves de colombia (2002):

> La especie es altamente vulnerable a la fragmentación por requerir grandes territorios y tener distribución localizada. Las carreteras no sólo han fragmentado el hábitat de este pavón, sino que han facilitado el proceso de deforestación y colonización en áreas donde el acceso era imposible. (p. 140)

Nuevamente se evidencia que la presión generada en el parque a raíz de las expectativas por la construcción de la hidroeléctrica así como las vías construidas al interior del parque fueron agentes que acentuaron la amenaza sobre las especies del parque.

Plantas.

Zamia (Zamia restrepoi).

Esta especie es endémica de Colombia y el único sector en el que se ha encontrado fue en la zona inundada por la represa. Sin embargo se han encontrado ejemplares aislados en la zona aledaña. Actualmente se encuentra en peligro crítico de extinción tanto a nivel internacional (Lista roja de la UICN) como a nivel nacional (Libro

rojo de plantas de Colombia 2005 y 2015) y el área que ocupa la única población encontrada es <100 ha. Sobre esta especie existen estudios de diagnóstico de su distribución y abundancia poblacional y de demografía de algunas de sus poblaciones (Universidad de Antioquia, años 2013-2015). Estos estudios identificaron que la única población que existe de Zamia se encuentra en bosques muy fragmentados y alterados con una abundancia total menor a 50 adultos. No se reporta producción de semillas, plántulas y juveniles para esta población lo cual es un indicio de que la especie no se está regenerando (López C. , 2015).

Flor de San Juan (Cattleya warscewiczii).

Es una orquídea endémica de Colombia, se tienen registros de esta planta en 11 localidades entre ellas dentro del PNN Paramillo. Según el libro rojo de plantas de Colombia (2006), es una especie vulnerable de extinción. Una de las mayores amenazas dentro del parque fue la destrucción de parte de su hábitat por parte de la hidroeléctrica. La destrucción de hábitat es el factor de mayor presión sobre esta planta a nivel nacional, el cual se acentúa dentro del parque por el constante deterioro del hábitat que generan los colonos dentro de él.

Aceleración de procesos erosivos por llenado del embalse.

El cauce natural del rio Sinú según estudios de la CVS, previo a la construcción de la central hidroeléctrica Urrá I, era de tipo variable (CVS, 2013) (CVS, 2014). Esto se evidenciaba en los cambios dramáticos de los meandros del rio en periodos no mayores a veinte años:

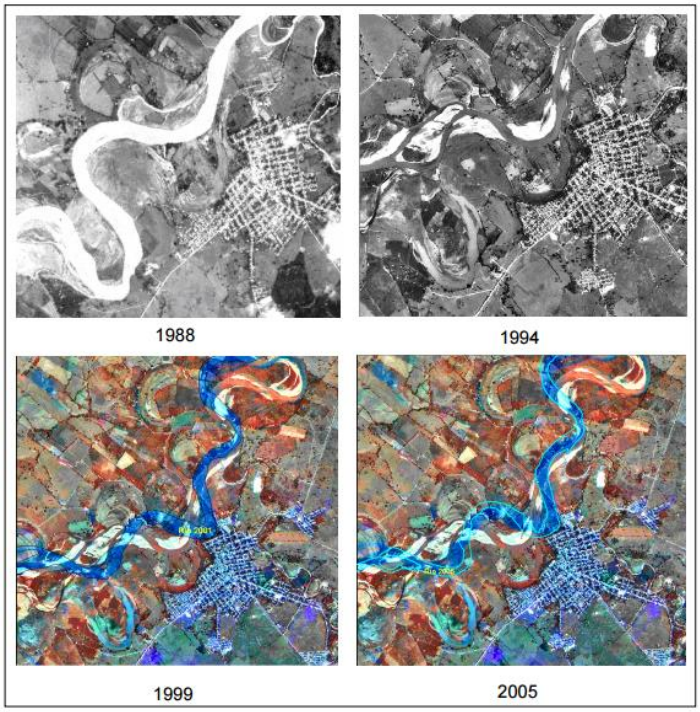


Figura 19: Cambio de forma de cauce del rio Sinú en el municipio de Tierralta.
Fuente: CVS 2014

La disposición variable del cauce del rio Sinú, generó que algunos suelos cercanos a la cabecera urbana del municipio de Tierralta fuesen erosionándose de manera significativa. Sumado a esto la improbabilidad de determinar qué zonas iban a inundarse en una crecida (Aumento improvisto del caudal del rio Sinú en un lapso corto de tiempo), fomento a principio de los años noventa la construcción de la central hidroeléctrica de Urrá I con el fin de mantener y regular las caudales.

La erosión puede ser definida, de forma amplia, como un proceso de arrastre del suelo por acción del agua o del viento; o como un proceso de desprendimiento y arrastre acelerado de las partículas de suelo causado por el agua y el viento (Suarez de Castro, 1980) . Esto implica la existencia de dos elementos que participan en el proceso: uno pasivo que es el suelo, y uno activo que es el agua, el viento, o su participación alterna; la vegetación por su parte actúa como un regulador de las relaciones entre ambos elementos. Por otra parte, desde la perspectiva geológica y de formación del paisaje, la erosión es entendida como parte del proceso de morfogénesis a través del cual se alteran y moldean las formas terrestres. Desde este punto de vista, la

configuración que hoy se tiene de la superficie de la tierra, se debe a los procesos continuos de agradación y degradación que en un tiempo geológico, han moldeado la superficie. Estos procesos geomorfológicos están relacionados con factores internos (litología, estructura, tectónica, volcanismo y topografía) y externos (clima: temperatura y precipitación; organismos; y acción antrópica). (Pinzón & Arango, 2012)

Teniendo en cuenta el anterior marco conceptual el agente principal en la erosión de los suelos de la cuenca del rio Sinú, es el mismo rio, por lo cual los municipios cordobeses de la cuenca del rio Sinú adoptan medidas de mitigación y prevención a orillas del rio, destinando zonas de amortiguación o creando diques de contención. (CVS, 2014)

En el caso específico del embalse de Urrá es una erosión antrópica ya que se construye una presa que retiene enormes cantidades de agua; toda esta agua genera una presión en todas direcciones del sitio que lo contiene desestabilizando el terreno en la periferia del embalse

Una de las principales causas de erosión costera (bank erosion) en los embalses es que las cotas de altura del embalse varían por lo que hay un movimiento de agua (sumado a las micro-olas que genera el viento) el cual arrastra partículas de suelo constantemente. Estudios realizados por geólogos brasileros en el embalse de Itaipu, determinaron que al superarse las cotas de 219.8 m.s.n.m la tasa de erosión dentro del embalse aumentaba significativamente, esto debido a un mayor arrastre de partículas que genera mayor intromisión en las zonas costeras. (Quinonez & Fulfaro, 2000)

Alteración de las geoformas iníciales por llenado del embalse.

El modelado del paisaje previo a la construcción de la central hidroeléctrica Urrá I correspondía a un modelado aluvial de disección caracterizado según Montoya (2011) por ser una formación montañosa atravesada longitudinalmente por un río, el cual moldea y da forma a dicho paisaje. En la zona de estudio se trataba de un valle estrecho llamado angostura de Urrá. Posteriomente pasó a ser un modelado antrópico lacustre debido a la construcción de la presa de la central, la cual fue conteniendo más de 1600 millones de m3 de agua provenientes del río Sinú y sus tributarios.

El desarrollo de estas aguas lénticas es el vestigio del cambio de modelado; generando un impacto irreversible en las condiciones preexistentes a la construcción de la central hidroeléctrica, siendo uno de los impactos más significativos.

Afectación de ecosistemas por llenado del embalse.

Los estudios de impacto ambiental realizados en el año de 1983 por la compañía Dames and Moore, afirman que el proyecto hidroeléctrico Urrá I inundaría un total de 6700 hectáreas de ecosistemas terrestres. Un 20% de las zonas inundadas comprendieron a ecosistemas del bioma bosque húmedo tropical (referenciado en el documento como tropical rain forest en la zonificación de Holdridge). También afirman que los ecosistemas riparios de algunas quebradas tributarias del rio Sinú desaparecerían, pero de esta afirmación no se determinaron datos porcentuales o de extensión.

En cuanto a la caracterización de estos ecosistemas se definen por diferentes paisajes incluidos planicies aluviales, terrazas, y colinas con gran densidad de árboles. Debido a la diversidad de especies, el tipo de suelo es muy fértil, la vegetación crece a diferentes estratos siendo las especies más altas la cuipa (*Cavanillesia platanifolia*) y la bonga (*Ceiba pentandra*) las cuales pueden alcanzar más de 50 metros. Los niveles altos de humedad favorecen el crecimiento de epifitas y plantas parasitas en las ramas superiores de los árboles y troncos.

En muchos aspectos se le considera al bosque húmedo tropical un lago, ya que la parte superior de los arboles altos (canopy), es la zona de producción primaria, la cual representaría el fitoplancton la cual es explotada directamente por los insectos lo cual lleva a compararlo con el zooplancton y los demás animales son comparables al necton y organismos bénticos (que en este caso serían aves, mamíferos, anfibios y reptiles) .Así pues, la cadena trófica en estos hábitats del bosque húmedo tropical desciende desde lo más alto de los arboles donde los insectos y frutas son ingeridos por las aves y murciélagos de la zona media de los troncos. (Dames and Moore, 1983)

La simbiosis entre la fauna y flora del bioma bosque húmedo tropical es de un equilibrio frágil, ya que la dispersión y polinización de distintas especies está

estrechamente relacionada con la cantidad de animales que recorren los ecosistemas, incluso algunas semillas no germinan si no han pasado por un proceso en el tracto intestinal de algunas aves o murciélagos.

Determinar las consecuencias en la afectación de los ecosistemas del bosque húmedo tropical en el PNN Paramillo se dificulta debido a que los mismos estudios indican una falta de investigación en la caracterización de ecosistemas especiales en el AP. Debido a esto es necesario describir los ecosistemas con base a las coberturas y especies estudiadas que se ven afectadas por el llenado del embalse.

Investigaciones realizadas por la Universidad de Nacional de Colombia sobre distribución de epifitas en el PNN Paramillo, plantean que en el sector Alto de Chibogadó se presentó una menor diversidad de especies y que posiblemente la causa de dicho panorama ecológico se debía a los cambios en la estructura y dinámica del bosque generadas por el embalse de Urrá que afecta las poblaciones de la comunidad epifita vascular por ser uno de los grupos más susceptibles a la fragmentación y perturbación de esta zonas. (Ruiz & Esquivel, 2015)

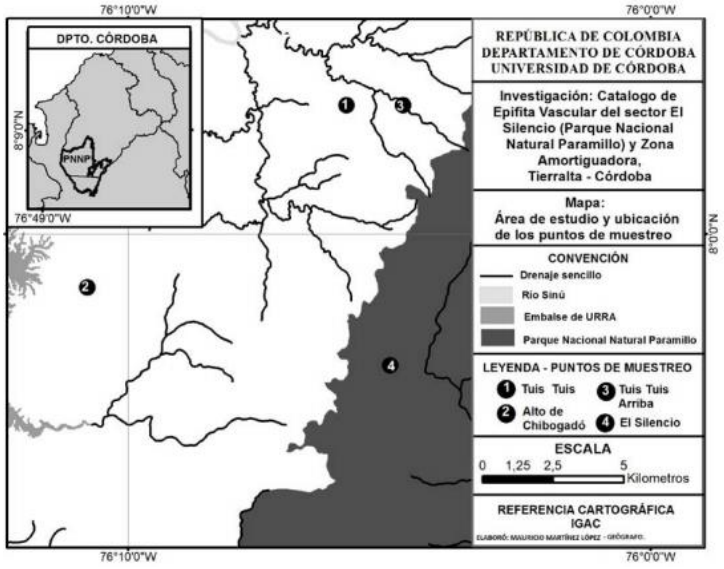


Figura 20: Puntos de muestreo -Estudio Epifitas
Fuente: (Ruiz & Esquivel, 2015)

Se puede determinar una correlación entre el 20% de bosque inundado en la estimaciones del estudio de impacto ambiental de Dames And Moore(1983) con reciente

investigaciones de la universidad de Sucre (Bustamante, 2008) ya que estas últimas concluyen que el 26,6% de aportes de biomasa del embalse Urrá I corresponden a bosques (Sumatoria entre bosques intervenidos y bosques marginales de drenaje). Cabe recalcar que en el año 2012 Urrá S.A. E.S.P. solicito una licencia de ampliación lo cual aumento el área del embalse en sus bordes por lo que hubo un incremento de zonas boscosas inundadas dentro de inmediaciones del parque.

TIPOS DE VEGETACION	COTA RIO HASTA 107 msnm			
	LIGNIFICADO	FOLIAR	MANTILLO	TOTAL (1)
Pastizales	-	14009,7	-	14009,7
Rastrojo Bajo	3345,4	6929,5	-	10274,9
Cultivos de Plátano	-	2509,7	-	2509,7
Rastrojo Alto	6709,7	3838,3	2724,9	13272,9
Bosque Intervenido	1629,7	244,1	145,6	2019,4
Bosque Marg. Drenaje	9080	1887,9	2103,7	13071,6
Aporte Total	20764,8	29419,2	4974,2	55158,2
Promedio Ponderado (Ton/Ha)	5,8	8,2	1,4	15,4
TIPOS DE VEGETACION	COTA 107 a 132 msnm			
	LIGNIFICADO	FOLIAR	MANTILLO	TOTAL (1)
Pastizales	-	11681,1	-	11681,1
Rastrojo Bajo	4452,3	13674,9	-	18127,2
Cultivos de Plátano	-	1138,1	-	1138,1
Rastrojo Alto	13566	7760,4	5509,3	26835,7
Bosque Intervenido	10638,5	1593,3	950,3	13182,1
Bosque Marg. Drenaje	3807,7	791,7	882,2	5481,6
Aporte Total	32437,5	32187,2	7341,8	71966,5
Promedio Ponderado (Ton/Ha)	8,8	8,8	2	19,6

Figura 21: Aportes de biomasa en el embalse Urrá
Fuente: Bustamante 2008.

Alteración de paisajes naturales por llenado del embalse.

El cambio en los paisajes naturales (entendidos como aquellos que no han sido modificados por el hombre) de la zona inundada por la hidroeléctrica ha sido uno de los mayores impactos para los Embera Katío debido a que son un pueblo amerindio caracterizado por vivir en armonía con la naturaleza; se perciben a sí mismos como individuos inmersos dentro del entorno y no alejados de él, cuya visión de la naturaleza es la de un todo con partes que funcionan interdependientemente y de forma sinérgica.

El deterioro de los paisajes naturales a los que estaban acostumbrados los Embera y en los cuales basaban su cultura, ha sido motivo de fragmentación y

aculturización debido a que esta modificación dio inicio a la pérdida de sus actividades tradicionales como lo eran la pesca, la agricultura, la caza, el transporte fluvial, el uso de plantas con fines medicinales, entre otros aspectos basados en el auto sostenimiento y la protección y conservación del medio ambiente.

Los paisajes naturales dentro del parque caracterizados por dinámicas aluviales asociadas a bosques riparios y una gran cantidad de especies en todos los niveles tróficos que dependían de la estabilidad del ecosistema y funcionaban sinérgicamente como un todo hoy son completamente diferentes caracterizados por un paisaje antrópico con un cuerpo léntico que afectó todas las dinámicas y formas de vida que confluían e interactuaban en torno a dicho ecosistema, que hoy está completamente degradado y cuya dinámica más representativa es la erosión constante de sus bordes que hoy presentan vegetación que debió ser introducida debido a la pérdida total de su capacidad de resiliencia.

Los Embera han sufrido estas consecuencias y sus conocimientos ancestrales demuestran lo que hoy muchos estudios confirman, la disminución poblacional de un gran número de especies que antes utilizaban para su subsistencia y cuyo uso hoy se ve limitado debido a su visión ancestral de conservación.

Disminución de la cobertura arbórea, arbustiva y herbácea por llenado del embalse.

Este es un impacto que está estrechamente relacionado con el sostenimiento de los ecosistemas del bosque húmedo tropical, pero en este caso es inminente una desaparición total de estas 417,18 hectáreas inundadas dentro del PNN Paramillo ya que todas las especies eran terrestres no acuáticas, es decir todas las especies de flora se convierten en biomasa que degrada constantemente el embalse y que no tienen recuperación. El PMA del PNN Paramillo identifica los cambios de vegetación en los años 2002, 2007 y 2012, agrupándolas de la siguiente manera:

AP	Codigo C.L.C.	Leyeda Cobertura y usos del suelo Corine land Cover (C.L.C.)	ÁREA (2002)		ÁREA (2007)		ÁREA (2012)	
			Ha.	%	Ha.	%	Ha.	%
PARAMILLO	3221	Arbustal denso	73,0	0,0%	73,0	0,0%	73,0	0,0%
	321111	Herbazal denso de tierra firme no arbolado	944,4	0,2%	944,4	0,2%	944,4	0,2%
	31111	Bosque denso alto de tierra firme	453.352,6	85,1%	430.816,7	80,8%	403.116,8	75,6%
	3131	Bosque fragmentado con pastos y cultivos	2.470,6	0,5%	2.809,4	0,5%	2.290,9	0,4%
	3132	Bosque fragmentado con Vegetacion Secundaria	1.575,6	0,3%	11.271,9	2,1%	22.353,8	4,2%
	323	Vegetación secundaria o en transición	17.443,2	3,3%	29.658,3	5,6%	45.182,6	8,5%
	222	Cultivos permanentes arbustivos	418,1	0,1%	188,9	0,0%	48,8	0,0%
	231	Pastos limpios	5.072,2	1,0%	4.740,9	0,9%	3.646,5	0,7%
	233	Pastos enmalezados	5.645,8	1,1%	2.755,6	0,5%	1.534,7	0,3%
	241	Mosaico de cultivos	73,5	0,0%	-	0,0%	-	0,0%
	242	Mosaico de pastos y cultivos	2.027,9	0,4%	543,5	0,1%	537,8	0,1%
	243	Mosaico de cultivos pastos y espacios naturales	35.305,0	6,6%	39.237,6	7,4%	43.398,8	8,1%
	244	Mosaico de pastos con espacios naturales	3.844,1	0,7%	6.457,6	1,2%	4.702,9	0,9%
	245	Mosaico de cultivos y espacios naturales	3.097,5	0,6%	2.156,9	0,4%	3.491,0	0,7%
	514	Cuerpos de agua artificiales	455,7	0,1%	124,4	0,0%	401,3	0,1%
	511	Rios	898,7	0,2%	1.185,3	0,2%	1.241,3	0,2%
	99	Nubes	165,6	0,0%	-	0,0%	-	0,0%
	334	Zonas quemadas	101,3	0,0%	-	0,0%	-	0,0%
	PNN PARAMILLO		532.964,5	100,0%	532.964,5	100,0%	532.964,5	100,0%

Figura 22: Coberturas de uso del suelo
Fuente: PARQUE NACIONAL NATURAL PARAMILLO - DTCA. 2014. Plan de Manejo 2014 - 2019 Parque Nacional Natural Paramillo. Parques Nacionales Naturales de Colombia

Se observa que los cuerpos de agua superficiales en el año 2002 se extienden por más de 455 hectareás, esta es la superficie que hasta la fecha se tenía, pero no se explica en el documento como en el año 2007 hay un descenso en estos cuerpos de más del 50 % y vuelve aumentar para el año 2012 a más de 400 hectáreas. Cabe pensar que el caudal y las temporadas de lluvias son las que determinan la intromisión de aguas que inundan la vegetación dentro del PNN Paramillo, pero al retenerse esta agua en el periodo del volumen máximo se afecta de manera significativa la vegetación y más aún se agudiza la erosión de estos suelos por el movimiento y arrastre del agua.



Figura 23: Coberturas Boscosas afectadas por el llenado del embalse
Fuente: (Perez, 2011)

Generación de conflictos por el uso del suelo de protección por el llenado del embalse.

El carácter de conservación de la zona inundada por el proyecto hidroeléctrico se vio afectado debido en parte a que era imposible prever hasta donde llegaría la inundación por lo cual muchas especies no pudieron ser rescatadas de la zona, perdiéndose así gran parte de la biodiversidad que alberga el parque y que tiene por función proteger. De igual forma se empezó a generar un conflicto por uso del suelo de conservación y de la zona de amortiguación del parque debido a que las personas que fueron desplazadas de la zona empezaron a ejercer una nueva presión sobre estos lugares debido a la inundación de sus tierras productivas. Así mismo territorios indígenas fueron inundados, los cuales tenían entre varias funciones la de proteger la biodiversidad y conservar las áreas estratégicas, función que actualmente se perdió en las áreas inundadas debido a que los indígenas ya no pueden habitar allí.

Disminución de la población de peces y moluscos por pruebas de funcionamiento de la central hidroeléctrica.

La central hidroeléctrica de Urrá I posee 4 turbinas tipo Francis que en total generan una capacidad efectiva de 336-340 Megawatts. Este tipo de turbinas aprovechan la diferencia de presión y la velocidad del flujo de agua para la generación de energía cinética-eléctrica. (Ballesteros & Vazquez, 2011)

No hay estudios propios de la cantidad de peces afectados por la hidroeléctrica Urrá I, pero se sabe que por la forma de las aspas de las turbinas tipo Francis y asumiendo que el caudal promedio de salida es de 340m3/s algunos peces dentro de las turbinas morirían por el choque directo o los cambios de presión a la salida de la turbina que generan cavitación (Presión en un punto de un fluido menor a la tensión del vapor de agua).

Investigaciones españolas realizadas en distintas centrales hidroeléctricas de Europa referencian que no solo las turbinas son causa de mortalidad, también la presencia de rejas o rejillas para impedir el paso de basura, pueden ocasionar lesiones cuando la velocidad del agua o aproximación es mayor que la propia capacidad natatoria del pez.



Figura 24: Anguilas recogidas por el peine o quita-hojas de rejilla de una central hidroeléctrica en el río Fulda, Alemania.
Fotografía: Adam B.

Este mismo estudio afirma que Las turbinas Francis, normalmente utilizadas en ríos pequeños, son más peligrosas por su menor anchura de apertura entre las palas. En un estudio realizado por Holzner (1999) se estimó que causan una mortalidad 2,5 veces mayor que las Kaplan. Por otro lado, la mortalidad causada por las Kaplan disminuye con mayor caudal, mientras que sucede lo contrario con las Francis (McCleave, 2001 citado en (Diaz & Korta, 2012)).El estudio compara datos de distintas centrales hidroeléctricas

y determina los rangos de mortalidad para cada tipo de turbina.



Kaplan



Francis



Pelton

Tipo de turbina	Mortalidad (%)
Kaplan	16-38
Francis	40-95
Pelton	100

Figura 25: Tipos de turbinas y mortalidad de peces para cada una.

Fuente: Diaz, E., & Korta, M. (2012). Evaluar, en la cuenca del Oria, la mortalidad que causan las centrales hidroeléctricas en la población de anguila y proponer medidas correctoras para reducirla. Investigativo, Bilbao.

Formulación de medidas de compensación por pérdida de biodiversidad

Siguiendo los lineamientos propuestos en el Manual para la asignación de compensaciones por pérdida de biodiversidad, se identificaron los ecosistemas presentes al interior del parque según la clasificación propuesta en el mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia del 2007. Para la zona del parque se identificaron 22 tipos de ecosistemas, los cuales pertenecen al Zonobioma húmedo tropical del Magdalena-Caribe, Helobioma Magdalena-Caribe, y Orobioma bajo, medio y alto de los andes, todos ellos pertenecientes al gran bioma del bosque húmedo tropical.

El mapa fue realizado en el año 2007, por lo tanto no incluye los ecosistemas presentes en el parque antes de la inundación. Para la determinación de los ecosistemas que fueron inundados por la hidroeléctrica se emplearon tres fotografías aéreas del IGAC, una del año 1951 a escala 1:51000 y dos de 1974 a escalas 1:21000. Se seleccionaron estos años ya que no existen líneas de vuelo en la zona, más cercanas al año de inundación y son las imágenes que tienen mejor resolución. Después se determinó cada una de las coberturas existentes antes de presentarse la inundación. Lo anterior permitió establecer junto a los biomas y distritos bioeográficos, los tipos de ecosistemas presentes en el área de inundación, los cuales se distribuyen de la siguiente manera:

Tabla 23. Ecosistemas presentes antes de la inundación

Ecosistema	Área (Ha)	Área a Compensar (Ha)
Vegetacion Secundaria Del Zonobioma Humedo Tropical Del Magdalena-Caribe	168,3349088	1219,995165
Pastos Del Zonobioma Humedo Tropical Del Magdalena-Caribe	27,67047765	0

Zonas desnudas Del Zonobioma Humedo Tropical Del Magdalena-Caribe	3,138798346	0
Bosques Naturales Del Zonobioma Humedo Tropical Del Magdalena-Caribe	21,27175367	164,8560935
Cultivos Semipermanentes/Permanentes Del Zonobioma Humedo Tropical Del Magdalena-Caribe	1,406292751	0
Total	221,8222312	1384,851259

Nota. Fuente: Autores.

En total se afectaron 221.82 hectáreas dentro del parque por la inundación generada por Urrá. De las cuales sólo se deben compensar los de Vegetación secundaria y Bosques naturales del Zonobioma húmedo tropical del Magdalena-Caribe ya que los demás se encontraban altamente transformados antes del llenado. En total se deben formular medidas de compensación por la afectación de 189.60 hectáreas, 168.33 de Vegetación secundaria (55.53 hectáreas de vegetación secundaria arbustiva y 112.8 hectáreas de vegetación secundaria arbórea) y 21.27 de Bosques naturales. Las zonas afectadas de vegetación secundaria correspondían a dos tipos de coberturas una de vegetación arbustiva y otra de vegetación arbórea por lo que el factor de compensación de arbustales es de 7 y el de vegetación arbórea de 7,75. Partiendo de allí se calculó por separado cada una de las áreas a compensar y al final se sumaron dando como resultado una sola área de compensación para vegetación secundaria.

El área a compensar para cada tipo de ecosistema se determinó con los subfactores de compensación de la siguiente manera:

Tabla 24. Subfactores de compensación según ecosistema afectado

Ecosistema	Representatividad	Rareza	Potencial de Transformación	Remanencia	Factor Total de Compensación
Vegetacion Secundaria arbustiva	2	2	1	2	7

Vegetación Secundaria Arbórea	2	1,75	2	2	7,75
Bosques Naturales	2	1,75	2	2	7,75

Nota. Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2012). Manual para la asignación de compensaciones por pérdida de biodiversidad.

Posteriormente se aplicó la fórmula:

$$\mathbf{Ac = Ai \times \Sigma Fc}$$

Ac: Área a compensar

Ai: Área impactada por el proyecto

Fc: Factor total de compensación

La representatividad para todos los ecosistemas identificados tiene un valor de 2, el cual significa que poseen un grado de alta insuficiencia con respecto a la representatividad de sus áreas en el SINAP es decir que no alcanzan las metas de conservación propuestas. El subfactor de rareza para vegetación secundaria arbustiva presenta un valor de 2 que significa que se trata de un ecosistema muy raro con una distribución restringida (<5%). Para los bosques naturales y vegetación secundaria arbórea el subfactor de rareza indica que el ecosistema es raro y tiene una distribución restringida (>5 y <15%). Por otro lado el potencial de transformación establece para la vegetación secundaria arbustiva que la tasa de pérdida de cobertura de este tipo de ecosistemas es muy baja es decir menor al 0.05%, mientras que para los bosques y vegetación arbórea esta tasa es muy alta llegando a ser mayor al 0.5%. Por último el subfactor de remanencia indica para todos los casos que el área remanente de estos ecosistemas es alta (entre 70 y 90%), sin embargo se les asigna un valor alto ya que se considera que es igualmente importante proteger tanto los ecosistemas con alta remanencia como aquellos relictuales o con baja remanencia.

Aplicando la fórmula de área a compensar se determinó que se deben compensar 1384,85 hectáreas dentro de las inmediaciones del parque. De las cuales 1219,99 se

deben compensar por la pérdida de vegetación secundaria y 164,85 por bosques naturales del zonobioma húmedo tropical del Magdalena-Caribe.

Para seleccionar las áreas en donde se realizarán las compensaciones se utilizó el mapa de coberturas de uso de tierra del PNN Paramillo del año 2007, de este mapa se identificaron todos los polígonos en estado de presión, es decir aquellos que presentan conflictos por uso de suelo con respecto al uso principal que es de conservación. Posteriormente se intersectaron estos polígonos con los ecosistemas equivalentes a los presentes en la zona inundada. Después, en orden de jerarquía se seleccionaron aquellos cuya actividad generadora de presión representa una actividad más lesiva frente a la biodiversidad del parque. El orden de jerarquía definido en orden descendiente es:

1. Pastos limpios
2. Pastos enmalezados
3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales
4. Mosaico de pastos con espacios naturales
5. Cultivos Permanentes Arbustivos
6. Mosaico de pastos y cultivos
7. Cultivos Permanentes Arbustivos

El siguiente criterio en la selección de la áreas a compensar frente a los polígonos seleccionados fue descartar aquellos que estaban más alejados del sitio de inundación ya que es un parámetro que recomienda la resolución 1517 del 2012 para asegurar la equivalencia ecosistémica.

A partir de los polígonos resultantes que coincidían con todas las condiciones anteriores se seleccionaron las áreas correspondientes a pastos limpios, pastos enmalezados y algunas zonas de mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales y

mosaico de cultivos con espacios naturales. En la siguiente tabla se muestra la distribución de las coberturas que poseen las zonas elegidas para llevar a cabo la compensación:

Tabla 25. Coberturas de las zonas de compensación.

Uso de las Zonas a compensar	Área (Ha)
Pastos enmalezados	166,8999494
Pastos limpios	345,9494089
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	332,6667741
Mosaico de pastos con espacios naturales	375,0468131

Nota. Fuente: Autores

Las zonas seleccionadas para realizar la compensación se muestran en la figura 26.

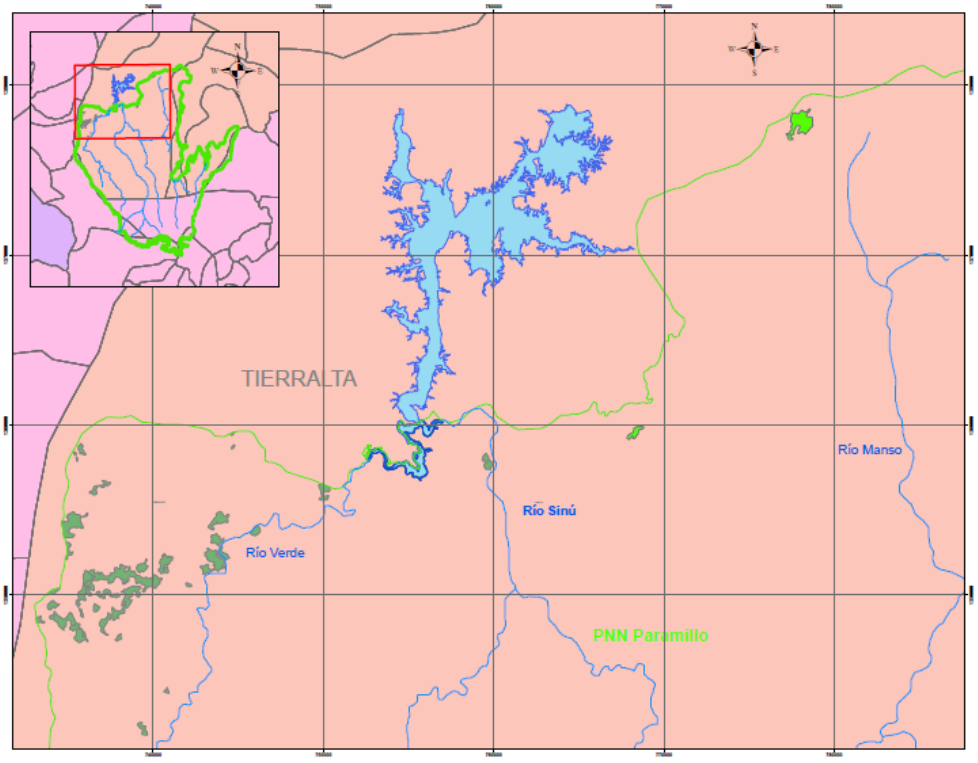


Figura 26. Zonas para realizar la compensación.
Fuente: Autores

A continuación se muestra la distribución de las zonas escogidas para realizar la compensación:

Tabla 26. Distribución de las zonas a compensar.

Áreas Compensación		
Ecosistema	**Símbolo**	**Ha**
Bosques Naturales del Zonobioma Húmedo Tropical del Magdalena-Caribe		164,85
Vegetación Secundaria del Zonobioma Húmedo Tropical del Magdalena-Caribe		1219,99

Nota. Fuente: Autores.

Teniendo definidas las zonas de compensación, se procedió a determinar para nuestro caso de estudio las medidas de compensación a desarrollar, dentro de las que propone el manual para la asignación de compensaciones por pérdida de biodiversidad, las cuales son:

1. La creación, ampliación, restauración o saneamiento de áreas protegidas públicas que conformen el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP), en concordancia con el Decreto 2372 de 2010.
2. La creación, ampliación y restauración de áreas protegidas privadas o Reservas Naturales de la Sociedad Civil debidamente registradas conforme al Decreto 2372 de 2010.
3. Acuerdos de conservación.
4. Servidumbres ecológicas.

Analizando las distintas opciones de actividades que presenta el manual, se prescinde de las actividades número 2 y 3 debido a que son dirigidas hacia áreas intervenidas de tipo privado. En cuanto al numeral 4 las servidumbres ecológicas se contemplaron como medida a formular, pero en su desarrollo se encontró con dos limitantes: la primera la inexistencia de una metodología clara de establecimiento de incentivos económicos para áreas dentro de un área protegida como lo es el PNN Paramillo o más específicamente a los ecosistemas del Zonobioma húmedo tropical del Magdalena Caribe. Determinar el valor económico de estas áreas, donde confluyen objetivos de conservación y la presencia de actividades económicas, las cuales deberían desarrollarse de forma moderada y restringida (dependiendo de la capacidad de uso del suelo y de la incidencia de comunidades indígenas), implicaría de antemano una falla en los objetivos de conservación dentro del AP; en segundo lugar: las valoraciones económicas, son herramientas que pueden solventarse mediante encuestas, estudios comparativos de precios y costos indirectos asociados, entre otros. Estas sin lugar a dudas se pueden realizar pero mediante un trabajo interdisciplinario entre distintos campos del conocimiento y ante en consenso con las comunidades aledañas, comunidades indígenas, la empresa multipropósito Urrá y los funcionarios de PNN Paramillo, pero cabe resaltar que las valoraciones económicas para estos casos son subjetivas, no siempre al tasar impuestos, montos, cifras monetarias se puede determinar acertadamente el valor ecosistémico, social, cultural y económico de las zonas inundadas dentro del área protegida.

Por lo anterior se escogió la medida propuesta en el numeral 1, más específicamente la restauración de áreas dentro del PNN Paramillo ya que se estima que su ejecución alcanzaría la meta de no pérdida neta que busca el manual. Además el parque posee varias zonas con conflictos de uso que pueden llegar a poner en riesgo su carácter de conservación así como la integridad de sus ecosistemas y especies. Acciones encaminadas a restaurar dichas zonas generarán espacios de conectividad entre ecosistemas, los cuales seran hábitats propicios para especies animales y vegetales, principalmente aquellas especies que se han visto afectadas por la reducción y fragmentación de sus espacios naturales.

Sumado a lo anterior se escogió una medida de compensación adicional a las propuestas por el manual, la cual consiste en la inversión de recursos económicos por parte de Urrá para actividades de investigación de la *Zamia restrepoi*, *Aniba perutilis y Cattleyas dowiana/warscewiczii.* Las investigaciones tendrán que hacer énfasis en la *Zamia restrepio*, especie mayormente afectada por la inundación dentro del parque y como se mencionó en el análisis de impactos se encuentra en estado crítico de extinción tanto a nivel global como nacional y para la cual no existen estudios acerca de las condiciones que requiere para su germinación, propagación, crecimiento, reproducción y métodos de siembra.

Especies Seleccionadas para la restauración de áreas dentro del parque.

Definidas las áreas de compensación se realiza un análisis para determinar de acuerdo a las condiciones agrológicas y ambientales, las especies de plantas idóneas para la restauración. En primera medida la *Zamia restrepoi*, se sembrará en los dos zonas de compensación, es decir, tanto en bosques naturales como en vegetación secundaria. (Ver Anexos 2 y 3).

Para las especies dentro de los polígonos de bosques naturales se recurrió al análisis del libro rojo de plantas de Colombia Vol 4, en este se pudo identificar que la Caoba (*Swietenia macrophylla*) y el abarco (*Cariniana pyriformis*) se encuentran dentro del parque y se encuentran en peligro crítico a nivel nacional. A continuación se presenta las condiciones que requieren para su óptimo desarrollo en campo:

- **Abarco:** La distribución natural de la especie corresponde a bosques húmedos y muy húmedos tropicales, en altitudes entre 50 y 800 msnm, con temperaturas superiores a 24ºC y precipitaciones entre los 2000 y 5000 mm anuales con períodos secos bien definidos. Crece en bosques primarios y secundarios tardíos. Se desarrolla muy bien en suelos moderadamente profundos de textura franco-arcillosa a areno-arcillosa, con buen drenaje y tolera suelos ácidos con pH entre los 4.5 a 5.5 de preferencia en paisajes de terrazas, colinas, cañones de quebradas y ríos (Convenio CORNARE- Universidad Nacional, 1993) (CONIF, 1996) (Gómez & Toro, 2007) (Gómez M. , 2010).
- **Caoba:** especie heliófita durable, es decir que necesita claros para su desarrollo temprano y puede encontrarse en bosques maduros debido a su longevidad (Calvo, 2000) (Bodero, Revelo, & Hernández, 2007). Habita en zonas con climas secos o húmedos con una estación seca marcada hasta los 1400 msnm, con temperaturas de 22-28ºC (Céspedes, Gutierrez, Holbrook, & Rocha, 2003). Según López & Cárdenas (2002) es una especie que prefiere sitios de topografía plana a moderadamente pendiente hasta del 15% en suelos medianamente fértiles y con una precipitación entre 1500 - 3500 mm anuales.

Correlacionando los datos de las tablas resumen (Anexos 2 y 3), se identifica que las condiciones ambientales y agrologicas de los polígonos de bosques naturales, corresponden a las características de hábitat natural de las especies arbóreas.

Siguiendo los pasos anteriores para la selección de especies de vegetación secundaria, se remite al análisis del libro rojo de especies maderables, en el cual se identifica la especie ceiba toluá (*Pachira quinata*) la cual está identificada dentro del PNN Paramillo según el PMA del parque y su estado actual de conservación es en peligro a nivel nacional.

La otra especie seleccionada es el comino crespo (*Aniba perutilis*). Actualmente su estado de conservación es de peligro crítico y está referenciada de manera directa en el libro rojo de especies maderables dentro del PNN Paramillo, dicha especie maderable

es de alto valor comercial en especial para la elaboración de muebles, pero por su sobreexplotación ha disminuido significativamente sus poblaciones.

Por otra parte, en el libro rojo de orquídeas de Colombia dos especies se localizan dentro del PNN Paramillo, dichas especies son las orquídeas flor de San Juan, ambas especies se encuentran en estado vulnerable. Como se mencionó en el capítulo 3, la *Cattleya warscewiczii* fue afectada por el proyecto hidroeléctrico debido a la fragmentación de su hábitat, es por eso que se decidió incluirla dentro del proyecto de restauración. Cabe recalcar que esta orquídea forma un hibrido con la especie *Cattleya dowiana,* entre las dos forman la *Cattleta hardyana.* A continuación se presentan las condiciones que necesitan las especies de vegetación secundaria para su óptimo desarrollo.

- **Comino crespo:** tiene un rango de crecimiento: entre los 0 y los 2600 msnm, en temperaturas de entre 13 y 26°. encontrándose en el bosque húmedo tropical, bosque húmedo premontano, bosque pluvial tropical, bosque húmedo montano bajo, bosque muy húmedo montano bajo, bosque húmedo premontano y bosque muy húmedo premontano, según la clasificación de Zonas de Vida de Holdridge. En el libro arboles con potencial para ser incorporados en sistemas agroforestales con café (Valencia, 2012) menciona que la especie *Aniba Perutilis* tiene una textura, suelos arenosos, livianos, pH. 6,0 a 8,5, pendiente. 0% hasta el 50%, drenaje. Suelos con buen drenaje interno y externo (Rojas, 2015).
- **Ceiba Tolúa:** Tiene un rango de crecimiento de 0 a 900 m.s.n.m., en temperaturas medias de 25° y un rango de precipitaciones entre 800 a 3000 mm. Prefieren suelos profundos, bien drenados, fértiles tolera sitio húmedos y temporalmente inundados, se desarrolla en suelos arenosos, franco arenosos o arcillosos (no más del 50% de arcilla), y presentan su mejor desarrollo en suelos ligeramente ácidos con tendencia a la neutralidad, pH entre 5,5 y 7,6. Se localiza en los bosques húmedos tropicales y en el bosque seco tropical se encuentra normalmente en suelos planos aluviales (El Semillero, 2016).

- **Flores de San Juan:** Se distribuye entre 300 y 1600 m de altura (Calderón, 2006). Se distribuye en las cuencas del bajo Cauca, Nechí y Magdalena medio, incluyendo la serranía de San Lucas. Además, hay indicios de su presencia en las cuencas del Sinú y San Jorge. Penetra hacia el Chocó, hasta la región de Frontino. Se presenta en los departamentos de Caldas, Risaralda, Antioquia, Córdoba, Cundinamarca, Boyacá y Santander (Calderón, 2006).
- **Corocita:** Esta especie es típica de bosques húmedos tropicales en la región del piedemonte de los Andes hacia el Caribe de Colombia. Generalmente las poblaciones se establecen en el sotobosque, en suelos bien drenados, y en zonas con buena cobertura de dosel. Las poblaciones conocidas están en un rango entre 100 y 200 metros de elevación (López C. , 2015).

En estos polígonos también se pretende restaurar las poblaciones de la *zamia restrepoi*.

Justificación de las especies seleccionadas.

Tal como se mencionó en el capítulo 1, la diversidad de especies que alberga el PNN Paramillo es alta, esto conlleva a considerar una gran cantidad de especies dentro de la medida de restauración, pero al remitirse a información de planificación, es decir, las demandas edafológicas y ambientales de las especies, la cantidad de información referenciada disminuye considerablemente.

Como patrón esencial de selección de especies se determinó un número mayor de especies a reforestar dentro de los polígonos de vegetación secundaria, esto debido a que hay mayores actividades de presión. Por otro parte los polígonos de vegetación secundaria representan alrededor del 88% del área total de restauración, por ende la distribución de especies afectadas directamente por la hidroeléctrica (*Cattleya warscewiczi/dowiana y zamia restrepoi)* debe ser mayor, sin embargo dichas especies sumadas a la especie *Aniba perutilis* son las que poseen menor información acerca de su paquete tecnológico, métodos de siembra y descripción de hábitats naturales, de ahí

la importancia de la segunda medida de compensación que es destinar recursos a la investigación de estas especies para llevar a cabo de manera satisfactoria el proceso de restauración.

Lo anterior determina el por qué tanto la caoba (*Swietenia macrophylla*) como el Abarco *(Cariniana pyriformis),* son adecuados para la reforestación de los polígonos de bosques naturales, estas especies poseen paquetes tecnológicos completos, sus métodos de siembra y descripción de hábitats están plenamente identificados en el Planes de Manejo para la Conservación de Abarco, Caoba, Cedro, Palorosa y Canelo de los Andaquíes, donde se indica que son especies de fácil germinación y necesitan espacios abiertos para su crecimiento. Dentro de las tablas resumen (Anexos 2 y 3), se puede denotar que el uso actual de estas zonas son pastos limpios cercanos a bosques naturales del zonobioma húmedo tropical del Magdalena-Caribe. Al ser especies de rápido crecimiento suponen un entorno satisfactorio para la *Zamia restrepoi*, al ser esta una especie umbrófila ayudaría a ser una zona de estudio de la medida de investigación.

Patrones de Siembra.

Para el Abarco (*Cariniana pyriformis*) y la Caoba (*Swietenia macrophylla*), se utilizaron los lineamientos del Planes de Manejo para la Conservación de Abarco, Caoba, Cedro, Palorosa y Canelo de los Andaquíes y del semillero.net, donde se indica que el espaciamiento entre caobas es de 15 metros mínimo y 4 metros para abarcos. Dentro de la unidad de siembra se dispusieron las caobas a los extremos de un cuadro de referencia, espaciadas cada una a 16 metros y un abarco en el centro de la unidad de siembra. Alrededor del abarco central se dispusieron otros 4 abarcos perpendicularmente y entre abarcos y caobas se dispusieron de manera circular 8 corocitas (*Zamia restrepoi*) a una distancia radial de 6,28 metros.

En cuanto a la unidad de siembra de las especies en los polígonos de vegetación secundaria, se dispusieron los 4 cominos crespos (*Aniba perutilis*) a los extremos de una unidad de siembra cuadrada, distanciadas 8 metros por cada lado. En el centro de la unidad de siembra se dispuso 1 ceiba tolúa (*Bombacopsis quitana*) y perpendicularmente a esta se dispusieron 4 ceibas en cada dirección, distanciadas 4 metros de la ceiba central.

Información acerca de distancias de siembra para el comino crespo no se identificó, pero se determinó una distancia de 8 metros con base al documento “Árbol de comino (Aniba perutilis Hemsley) una planta maderable en peligro de extinción en el sur del departamento del Huila”, donde se identificaron individuos entre los 8 metros de altura hasta los 16 metros. En cuanto a la ceiba tolúa se empleó a la guía forestal del semillero.net, donde se propone un distanciamiento entre individuos de mínimo 3,5 metros. Entre las anteriores especies se dispuso la Corocita (*Zamia restrepoi*) en la mitad de las 4 diagonales, que se forman entre la ceiba central y las 4 cominos de los extremos. Por ultimo las flores de San Juan (*Cattleyas warscewiczii/Dowiana*) son especies epifitas que crecen sobre arboles con superficies rugosas, por ende se propone sembrarlas a una distancia de 1 a 2 metros de las especies arbóreas, dando un total de 10 individuos por unidad de siembra. (Ver Anexo 4).

Costos de las medidas de Compensación.

Costo de la medida de restauración.

Para el costo de las medidas de formulación se remitió al plan nacional de restauración (2012), documento del MADS en el anexo costos referentes de restauración. Los primero costos que se definieron son los costos unitarios por plántulas, esta decisión se tomó ya que se corren menos riesgos al adquirir las plantas ya germinadas, por otra parte la adquisición de semillas implicaría la construcción y compra de predios para la construcción de invernaderos y no se aseguraría el óptimo desarrollo de las plántulas ni la sobrevivencia del total de estas.

Dentro de las tablas de “Costos de Compensación” (Ver Anexo 5), se definió el precio por plántula para las especies de Caoba, Abarco y la Ceiba Tolúa; las demás especies Corocita, Comino Crespo y Flores de San Juan no se encontró información de precios ya sea de plántulas ó semillas, lo cual indica que no hay producción en masa de estas especies, revelando el mal estado de conservación de estas.

A continuación se presentan las tablas de individuos por zonas de compensación.

Tabla 27. Número de individuos a plantar en las zonas de compensación de bosques naturales

Especie	Nombre científico	# de Ind. Por Unidad de siembra	# de Ind. Por Ha	# de Ind. Totales
Caoba	Swietenia macrophylla	4	156	25.835
Abarco	Cariniana pyriformis	5	195	32.293
Corocita	Zmia restrepoi	8	313	51.669

Nota. Fuente: Autores

Tabla 28. Número de individuos a plantar en las zonas de compensación de vegetación secundaria

Especie	Nombre científico	# de Ind. Por Unidad de siembra	# de Ind. Por Ha	# de Ind. Totales
Ceiba roja	Bombacopsis quitana	5	781	953.564
Comino	Aniba perutilis	4	625	762.852
Corocita	Zamia restrepoi	4	625	762.852
Flor de San Juan	Cattleyas warscewiczii/dowiana	10	1563	1.907.130

Nota. Fuente: Autores.

Definido el número de individuos se procedió al cálculo de costo total por concepto de plántulas.

Tabla 29. Costos por concepto de plántulas en las zonas de compensación de bosques naturales

Especie	Costo Unitario Plántula (*)	Costo Total	Total+ 10% de reposición
Caoba	600	15.500.786,39	17.050.865,03
Abarco	2200	71.045.270,97	78.149.798,07
Corocita	no referencia	no referencia	no referencia
Total		**86.546.057,37**	**95.200.663,11**

Nota. Fuente: Autores. (*) Datos tomados de elsemillero.net.

Tabla 30. Costos por concepto de plántulas en las zonas de compensación de vegetación secundaria

Especie	Costo Unitario Plántula (*)	Costo Total	Total + 10% de reposición
Ceiba roja	550	524.460.640,6	576.906.704,7
Comino	no referencia	no referencia	no referencia
Corocita	no referencia	no referencia	no referencia
Flor de San Juan	no referencia	no referencia	no referencia

Total	**524.460.640,6**	**576.906.704,7**

Nota. Fuente: Autores. (*) Datos tomados de elsemillero.net.

Según los datos encontrados las plántulas se entregan con una altura en promedio de 15 cm, altura desde la cual se pueden trasplantar a las áreas seleccionadas para la compensación.

El otro costo que se determinó fue el del cercado de cada una de las áreas definidas para la compensación, el cual es necesario para proteger a las plantas en sus primeros meses de desarrollo de semovientes. El método de cercado que se propone en estas áreas contempla vigas de madera cada 2 metros, con 4 hileras de alambre y cuatro grapas que sostienen los alambres en cada viga. Teniendo en cuenta que los valores actuales son según Sodimac (2016):

- Valor Alambre $84 000 por cada 400 m.
- Valor poste de madera Alfarda $30 000 X unidad
- Valor grapas $5200 X 12 unidades.

Los costos por concepto de cercado son los siguientes:

Tabla 31. Costos por conceptos de insumos de cercado en las zonas de compensación de bosques naturales

Perímetro (m)	# Vigas	Costo postes*	Costo alambres*	# de Grapas	Costo Grapas*	Total
10.981,56	5491	461.225.834	9.224.516,69	21.963	9.517.358,49	479.967.709

Nota. Fuente: Autores. (*) Datos tomados según SODIMAC (2016)

Tabla 32. Costos por conceptos de insumos de cercado en las zonas de compensación de vegetación secundaria

Perímetro (m)	# Vigas	Costo postes*	Costo alambres	# de Grapas	Costo Grapas*	Total
119.866,59	59.933	5.034.396.597	100.687.931	239.733	103.884.374	5.238.968.903

Nota. Fuente: Autores. (*) Datos según SODIMAC(2016)

Las anteriores tablas corresponden a los materiales para la construcción del cercado, sin embargo también se deben tener en cuenta otros costos como la mano de

obra requerida para realizar cada actividad del proyecto, en ese sentido se definió 1 jornal por abrir 30 huecos de 12 cm de diámetro y de 40 a 50cm de profundidad (**Concepto A)**; 2 jornales por apisonar 30 vigas con su respectivos alambres y grapas **(Concepto B)**. Cada jornal se estableció por $ 27.000 teniendo en cuenta el SMDLV (salario mínimo diario legal vigente) para el año 2016 y un refrigerio por jornal de $ 4000. De acuerdo a lo anterior, los costos totales se presentan a continuación:

Tabla 33. Costos por mano de obra para la construcción de cercas en la zona de bosques naturales

Costos por concepto A	4.941.705,37
Costos por concepto B	9.883.410,74
Total Costos por mano de obra de cercado	14.825.116,11

Nota. Fuente: Autores.

Tabla 34. Costos por mano de obra para la construcción de cercas en la zona de vegetación secundaria

Costos por concepto A	53.939.963,54
Costos por concepto B	107.879.927,1
Total Costos por mano de obra de cercado	161.819.890,6

Nota. Fuente: Autores.

Después de definir los costos de plántulas, materiales y mano de obra del cercado, se estimaron los costos de establecimiento (año 1) y de mantenimiento (año 2) de la medida de reforestación. Para el cálculo de estos rubros, se tomaron en cuenta los valores del Plan nacional de restauración (2012), pero se le aplico el aumento del IPC (índice de precios al consumidor) hasta el año 2015. A continuación se presenta un resumen de los costos anteriormente mencionados; para ver en detalle la definición de dichos costos remitirse al Anexo 5.

Tabla 35. Costos de establecimiento primer año para las zonas de bosques naturales

CATEGORIA DE INVERSIÓN	
1. COSTOS DIRECTOS	**VALOR TOTAL 165,34 Ha**
1.1. MANO DE OBRA	
Rocería (Preparación Terrenos)	59.453.618,56
Trazado	17.518.008,71
Plateo	48.606.305,85
Ahoyado	43.178.190,48

Aplicación de Fertilizantes y Correctivos	7.031.876,35
Transporte interno de insumos	10.486.131,97
Plantación (Simebra)	15.544.148,57
Control Fitosanitario	7.031.876,35
Reposición (Replante)	15.544.148,57
Limpias	28.004.140,68
SUBTOTALES MANO DE OBRA	252.398.446,9
1.2 INSUMOS	
10-30-10	19.020.116,27
Boro Natural	5.595.893,48
Calfos	3.706.909,33
Hidroretenedor	14.251.270,18
Cloripirifos	2.368.632,16
SUBTOTAL INSUMOS	44.942.821,44
2. COSTOS INDIRECTOS	
Herramienta	5.047.968,93
Trans. Insumos	6.741.423,21
TOTAL COSTO BOSQUES NATURALES ESTABLECIMEINTO 1 AÑO	309.130.660,47

Nota. Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2012*). Plan Nacional de Restauración: restauración ecológica, rehabilitación y recuperación de áreas disturbadas*. Bogotá D.C.: Ospina, L y Vanegas, S.

Tabla 36. Costos de establecimiento primer año para las zonas de vegetación secundaria

CATEGORIA DE INVERSIÓN	
1. COSTOS DIRECTOS	**VALOR TOTAL 1220,56 Ha**
1.1. MANO DE OBRA	
Rocería (Prepración Terrenos)	43.8893.847
Trazado	699.964.365,8
Plateo	1.942.154.649
Ahoyado	1.725.264.282
Aplicación de Fertilizantes y Correctivos	280.971.611,6
Transporte interno de insumos	418.992.754,2
Plantación (Simebra)	621.095.141,5
Control Fitosanitario	280.971.611,6
Reposición (Replante)	621.095.141,5
Limpias	1.118.957.120
SUBTOTALES MANO DE OBRA	**8.148.360.524**
1.2 INSUMOS	
10-30-10	759.983.845,5

Boro Natural	223.594.250,9
Calfos	148.116.403,3
Hidroretenedor	569.435.799,5
Cloripirifos	94.643.069,18
SUBTOTAL INSUMOS	**1.795.773.368**
2. COSTOS INDIRECTOS	
Herramienta	162.967.210,5
Trans. Insumos	269.366.005,3
TOTAL COSTO VEGETACIÓN SECUNDARIA ESTABLECIMEINTO 1 AÑO	**10.376.467.108**

Nota. Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2012*). Plan Nacional de Restauración: restauración ecológica, rehabilitación y recuperación de áreas disturbadas*. Bogotá D.C.: Ospina, L y Vanegas, S.

Tabla 37. Costos de mantenimiento segundo año para las zonas de bosques naturales

CATEGORIA DE INVERSIÓN	
1. COSTOS DIRECTOS	**VALOR TOTAL 165,34 Ha**
1.1. MANO DE OBRA	
Plateo	48.606.305,85
Ahoyado	43.178.190,48
Aplicación de Fertilizantes y Correctivos	7.031.876,735
Transporte interno de insumos	10.486.131,97
Control Fitosanitario	7.031.876,735
Reposición (Replante)	15.544.148,57
SUBTOTALES MANO DE OBRA	**131.878.530,3**
1.2 INSUMOS	
10-30-10	19.020.116,27
Cloripirifos	2.368.632,16
SUBTOTAL INSUMOS	**21.388.748,44**
2. COSTOS INDIRECTOS	
Herramienta	2.637.570,60
Trans. Insumos	3.208.312,26
TOTAL COSTO 1ER AÑO DE MANTENIMIENTO BOSQUES NATURALES	**159.113.161,7**

Nota. Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2012*). Plan Nacional de Restauración: restauración ecológica, rehabilitación y recuperación de áreas disturbadas*. Bogotá D.C.: Ospina, L y Vanegas, S.

Tabla 38. Costos de mantenimiento segundo año para las zonas de vegetación secundaria

CATEGORIA DE INVERSIÓN	**VALOR TOTAL 1220,56 Ha**

1. COSTOS DIRECTOS	
1.1. MANO DE OBRA	
Plateos	1.942.154.649
Ahoyado	1.725.264.282
Aplicación de Fertilizantes y Correctivos	280.971.611,6
Transporte interno de insumos	418.992.754,2
Control Fitosanitario	280.971.611,6
Reposición (Replante)	621.095.141,5
SUBTOTALES MANO DE OBRA	**5.269.450.049**
1.2 INSUMOS	
10-30-10	759.983.845,5
Clorpirifos	94.643.069,18
SUBTOTAL INSUMOS	854.626.914,7
2. COSTOS INDIRECTOS	
Herramienta	105.389.001
Trans. Insumos	128.194.037,2
TOTAL COSTO 1ER AÑO DE MANTENIMIENTO DE VEGETACIÓN SECUNDARIA	**6.357.660.002**

Nota. Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2012*). Plan Nacional de Restauración: restauración ecológica, rehabilitación y recuperación de áreas disturbadas*. Bogotá D.C.: Ospina, L y Vanegas, S.

Este proyecto contempla sólo un año de mantenimiento de las especies que se sembrarían, esto debido a que las especies referenciadas pasado 2 años desde su trasplante poseerían las condiciones de autosuficiencia para su continuo desarrollo in situ, lo cual bajaría los costos de mantenimiento significativamente.

Costos de la medida de investigación.

Para llevar a cabo esta medida se establecieron los costos para la actividad de recolección de muestras, semillas y frutos de las especies no referenciadas, esto correspondiente al primer año de la propuesta investigativa, descrita en la tabla 38. Sumado a lo anterior, se destinó un 15% del total de costos de adquisición de plántulas, cercado, mano de obra del cercado y costos de establecimiento de todas las zonas de compensación, como rubro principal para el desarrollo del proyecto partiendo desde el segundo año.

Los costos para la actividad de recolección de muestras botánicas están sujetos a cambios debido a que es imposible determinar el tiempo en que la actividad se realizaría de manera satisfactoria.

Tabla 39. Costos parciales de investigación

COSTOS INVESTIGATIVOS (Año 1)		
Actividad	**Responsable**	**Valor**
Recolección de muestras botánicas	Ingeniero Forestal	22.800.000
	Biólogo	22.800.000
	Practicantes (2)	16.800.000
	Herramientas	2.920.000
	Equipos	2.000.000
	Viaticos	20.000.000
Total Año 1		**87320000**
COSTOS INVESTIGATIVOS (Año 2)		
Creación/Financiamiento de un Herbario y Laboratorio de biologia con universidades y jardines botánicos con mayor estado del arte de las especies *Zamia restrepoi, Cattleya dowiana/warscewiczii y Aniba perutilis.*	Empresa multipropósito Urrá E.S.P. S.A.; Universidad Nacional sede Medellín, Universidad de Córdoba.	**2.587.993.013**
TOTAL COSTOS		**2.675.313.013**

Nota. Fuente: Autores.

Costos totales del proyecto.

A continuación se resumen los principales rubros contemplados para el desarrollo del proyecto los cuales son sólo una aproximación y pueden aumentar o disminuir dependiendo de la manera en que se ejecuten las actividades. Así mismo se deben reajustar los precios para el año en el cual se vaya a dar inicio al proyecto.

T*abla 40.* Costos totales de las medidas de compensación (restauración e investigación)

COSTOS DE LAS MEDIDAS DE COMPENSACIÓN	
1. Medida de restauración	**Valor**
Plántulas para la zona de bosques naturales	95.200.663,11
Plántulas para la zona de vegetación secundaria	576.906.704,70
Insumos para el cercado de las zonas de bosques naturales	479.967.709,70

Insumos para el cercado de las zonas de vegetación secundaria	5.238.968.903,16
Mano de obra para la construcción de cercas en zonas de bosques naturales	14.825.116,11
Mano de obra para la construcción de cercas en zonas de vegetación secundaria	161.819.890,60
Costos de establecimiento y primer año en zonas de bosques naturales	309.130.660,47
Costos de establecimiento y primer año en zonas de vegetación secundaria	10.376.467.108
Costos de mantenimiento para el segundo año en zonas de bosques naturales	159.113.161,70
Costos de mantenimiento para el segundo año en zonas de vegetación secundaria	6.357.660.002
2. Medida de investigación	Valor
Costos totales de investigación (recolección de muestras e inversión adicional del 15%)	2.675.313.013
TOTAL PROYECTO DE COMPENSACIÓN	26.445.372.932,89

Nota. Fuente: Autores.

Análisis de resultados

Impactos ambientales

De los 310 impactos negativos valorados en la matriz de impactos ambientales, 16 son atribuibles a la empresa multipropósito Urrá E.S.P. S.A. por concepto de pérdida de biodiversidad dentro del PNN Paramillo y son de tipo severo o crítico. Estos impactos se generaron sólo en dos fases de ejecución del proyecto hidroeléctrico: la fase de planeación (compra de predios y procesos licitatorios) y la fase de montaje (llenado del embalse y pruebas de funcionamiento). A manera porcentual estos impactos sólo representan el 5% del total de impactos negativos generados. Sin embargo estos impactos mantienen su efecto en la actualidad, tal es el caso del aumento de la población civil dentro del área protegida debido a la intención de continuar con la construcción del proyecto hidroeléctrico Urrá II.

Algunos de los impactos analizados no contemplan información directa sobre el caso de estudio de Urrá, por lo tanto se tomaron en cuenta otros casos de estudio para establecer relaciones entre ambos, tal es el caso de la erosión generada por el embalse y la disminución poblacional de peces por la activación de turbinas, es por esto que se requieren estudios de campo para corroborar dichos impactos.

Aunque se analizó de manera detallada cada uno de los impactos, las medidas formuladas sólo compensan los impactos de: deterioro de la capa orgánica, disminución de la porosidad y aireación del suelo, disminución poblacional de especies vegetales y animales terrestres, aceleración de procesos erosivos, alteración de geoformas iniciales, alteración de paisajes, disminución de la cobertura arbórea, arbustiva y herbácea y se espera que las medidas de compensación aminoren los conflictos por uso del suelo dentro del parque. Todos los factores ambientales señalados en los anteriores impactos, describen los tipos de ecosistemas afectados, por lo cual el impacto que abarca de manera íntegra todos los demás es la afectación de ecosistemas por llenado del embalse.

Por otro lado impactos como la aceleración de procesos de eutrofización, alteración en los aportes de caudal y disminución poblacional de peces, anfibios y reptiles

por llenado del embalse y por activación de turbinas en las pruebas de funcionamiento no poseen una metodología de compensación definida por la autoridad ambiental del país. Se conoce que actualmente está en desarrollo el manual para la asignación de compensación por pérdida de biodiversidad en ecosistemas marinos y de agua dulce. Sumado a lo anterior muchos proyectos hidroeléctricos han construido elevadores para peces, escalinatas y ríos artificiales que le permite a algunas especies de peces realizar migraciones aguas arriba y aguas debajo de la presa. Estas medidas se pueden contemplar en un futuro como compensación o mitigación de los impactos del medio acuático. Sin embargo cabe recalcar que dichos proyectos son sumamente costosos y para su ejecución dependen en gran medida de la topografía, tipo de suelo y altura de la presa.

Por último el impacto de aumento de la población civil en zona de conservación por procesos licitatorios y compra de predios se puede compensar con la metodología establecida en el “Manual para la asignación de compensaciones por pérdida de biodiversidad”, pero debido a la falta de cartografía multitemporal y de datos poblacionales acerca de los colonos que se establecieron al interior del parque no se puede cuantificar un área total afectada por esta actividad. Además las zonas de afectación se estima que son de gran tamaño, por lo cual si se realizara un proyecto de análisis multitemporal de fotografías aéreas de todo el parque, no se podría llevar a cabo con un ordenador estándar el procesamiento, análisis y digitalización de las zonas afectadas por las actividades desarrolladas por los colonos.

Cartografía

El área declarada del parque según la resolución 163 de 1977 tiene una extensión de 460.000 Ha, sin embargo el polígono oficial del parque con el que se elaboró la cartografía base tiene una extensión de 532.438,51 Ha; así mismo el área inscrita en el registro único nacional de áreas protegidas (RUNAP) difiere de los datos mencionados anteriormente ya que según este registro el área con la que cuenta el parque tiene una extensión de 532.963 Ha. Debido a esto se debe realizar una verificación del área del parque volviendo a verificar cada uno de los mojones que delimitan el área del parque con sus respectivas coordenadas. No obstante las áreas de los polígonos de mapas

temáticos no deben presentar incongruencias debido a que el polígono oficial ha sido utilizado tanto por el parque como por otras instituciones para la elaboración de cartografía.

Otra disconformidad que se encontró en el desarrollo de la cartografía fue el área inundada por el embalse de Urrá I, la cual según la empresa multipropósito Urrá E.S.P S.A es alrededor de 417,18 hectáreas que se inundan ocasionalmente al interior del parque; por otro lado según el PMA del PNN Paramillo determina que son 1111,11 hectáreas las que se inundan dentro del parque (dato que según los mismos administradores del PNN Paramillo es erróneo y desproporcionado). Sin embargo al utilizar los polígonos oficiales del embalse que utilizan tanto Urrá como el PNN Paramillo, se evidencia un área de inundación dentro del parque de tan solo 221,82 hectáreas. La determinación de este valor se realizó mediante la herramienta intersección de las capas del PNN Paramillo con la capa del embalse (el cual posee un área de 6157,50 hectáreas de las 7400 hectáreas que aseguran tanto la empresa multipropósito Urrá E.S.P S.A. como PNNC).

Teniendo en cuenta las áreas mencionadas anteriormente (532.438,51 hectáreas del parque y 221,82 hectáreas de inundación dentro del parque), se generaron 19 mapas temáticos del parque los cuales son: 3 mapas base, 3 mapas de coberturas de tierra, 3 mapas de biomas, 3 mapas de ecosistemas, 3 mapas hidrológicos, 3 mapas de suelos y un mapa en cual podemos observar las imágenes aéreas que se utilizaron para la fotointerpretación de la zona inunda previo al llenado del embalse (Ver Anexo 6). Los anteriores mapas manejan 3 diferentes escalas que determinan el nivel de detalle de información y localización tanto del parque como de la zona de estudio del proyecto.

El primer grupo de mapas corresponde a todo el PNN Paramillo, se denominan mapas generales, este grupo se presenta a una escala 1:300.000. El mapa base de todo el parque permite identificar los municipios que tienen territorios dentro del AP, y los que le rodean. Por otra parte este mapa también permite la identificación de los principales cauces, siendo el rio Sinú el que confluye por la margen derecha dentro del embalse y el rio Verde desde la margen izquierda.

El segundo grupo de mapas corresponde a la zona inundada dentro del parque, los cuales tienen una escala de presentación de 1:10.000, el mapa base de las zonas inundadas muestra la forma del embalse dentro de las inmediaciones de PNN Paramillo, observando que toda esta región pertenece al municipio de Tierralta, también se identifica que la zona de inundación se distribuye de manera más extensa en la cuenca del rio Verde.

Por último se presentan los mapas con las zonas de compensación, este grupo de mapas se presenta a escala 1:100.000 teniendo la escala media de detalle dentro de los tres grupos de mapas. El mapa base de este grupo permite la identificación de las dos zonas de compensación. Los polígonos de compensación en zonas de bosques naturales lo conforman tan solo dos polígonos, al nororiente del PNN Paramillo. En cuanto a las zonas de compensación por vegetación secundaria la mayoría se localizan y agrupan en el costado occidental del rio verde.

El mapa de Biomas presenta las zonas de vida según la clasificación de Holdridge, la cual le asigna a cada bioma un rango de temperatura y precipitación; estas variables permitieron identificar las condiciones ambientales de cada uno de los polígonos de compensación y determinar si eran aptas para cada una de las especies seleccionadas. Pero al relacionar las zonas de bosque húmedo tropical del mapa de biomas con las capas del zonobioma húmedo tropical del magdalena caribe en el mapa de ecosistemas, estas capas no se superponen de manera que coincidan, ya que algunos polígonos del zonobioma húmedo tropical se traslapan dentro del bioma bosque húmedo subandino. Esta discrepancia entre biomas de las dos capas corresponde a que hay más factores en la realización del mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos, posiblemente el factor más representativo son las especies vegetales que conforman la capa del zonobioma húmedo tropical dentro de una unidad biogeográfica, es decir que en este mapa las zonas de transición de coberturas son tomadas dentro de un ecosistema indiferentemente que no se cumplan con los patrones de la clasificación de zonas de vida de Holdridge.

El mapa de coberturas permitió identificar que gran parte de las actividades generadoras de presión se ubican en la zona norte del parque, estas zonas son las de

menor altitud en toda el área protegida, lo cual facilita el acceso a colonos y el establecimiento de actividades no compatibles. Este mapa permite inferir los efectos del impacto de crecimiento poblacional dentro del PNN Paramillo debido a las expectativas laborales que generó Urrá I y que genera actualmente Urrá II. Esto se evidencia en las actividades tales como el establecimiento de cultivos y el manejo de pastos para actividades ganaderas asociadas a las coberturas de pastos y cultivos.

El mapa de suelos permite identificar varias características en las que se destacan los tipos de suelos, su régimen climático y de humedad, el material parental y las pendientes de los terrenos de estos suelos. Analizando las asociaciones los suelos typic eutrudepts y typic dystrudepts, son los que se encuentran en mayor proporción en el parque, en especial en la zona perteneciente al departamento de Córdoba. Estas asociaciones pertenecen al orden de inceptisoles los cuales se caracterizan por ser suelos muy jóvenes, no poseen horizontes bien definidos pero son moderadamente profundos, bien drenados y con un rango muy amplio de valores de fertilidad y pH debido a los diferentes tipos de material parental que los conforman dependiendo del sitio del cual provengan (Departamento de agricultura de los Estados Unidos; Servicio de Conservación de Recursos Naturales, 2006).

Por otro lado las clases agrológicas que se pueden apreciar en el parque van desde la III a la VIII, siendo la Clase VII la más representativa dentro del parque. Esta clase presenta pendientes muy fuertes entre el 30 y 50% y se presenta en la mayoría de los polígonos de compensación de vegetación secundaria. Según el estudio general de suelos de Córdoba, estas clases agrológicas debido a su pendiente escarpada tienen un gran potencial para el establecimiento de plantaciones forestales de tipo protector a excepción de las zonas de la asociación MVEa, las cuales tienen una clase agrológica de VI con pendientes relativamente muy bajas, según el estudio general de suelos del departamento de Córdoba. A pesar de que esta clase tiene vocación para pastoreo semi-intensivo, todos los polígonos ubicados en ella se encuentran en las inmediaciones del río Verde, cuya cuenca en la zona norte del parque ha sido altamente transformada y por lo tanto se establece la restauración de estas zonas con vegetación secundaria con el fin de proteger su zona amortiguadora.

En este mapa se incluyen las curvas de nivel cada 500 m las cuales son suficientes para determinar que los polígonos que se seleccionaron para la compensación no exceden los límites altitudinales que requieren las especies escogidas para llevar a cabo la restauración.

Presupuesto

Los rubros más representativos dentro del presupuesto total del proyecto son los asociados al establecimiento, mantenimiento y cercado de las zonas de restauración de vegetación secundaria. Esto debido a la gran extensión de área que posee esta zona a la cantidad de insumos que se requieren para que las plantas se adapten de manera adecuada a estos territorios y se asegure un adecuado control fitosanitario para que la planta logre sobrevivir al ataque de cualquier plaga o enfermedad.

Por otro lado como se puede apreciar en el anexo 3, la única especie de vegetación secundaria incluida desde un principio en las actividades de adquisición de plántulas, establecimiento y mantenimiento de la plantación es la ceiba tolúa con alrededor de 953.565 individuos cuya adquisición implica un costo de $534.460.640,24. Partiendo de esta relación y teniendo en cuenta que tanto las catleyas como las zamias son especies de menor tamaño y que por su parte para el comino crespo se propuso en una densidad poblacional baja por cada unidad de siembra (762.825 individuos en total), se estima que los recursos de investigación son suficientes para cumplir con las metas de siembra propuestas sólo si se financian proyectos investigativos como en instituciones como el SENA en su centro de biotecnología del caribe, localizado en Valledupar; la Universidad Nacional sede Medellín, facultad de biología, la cual ha hecho investigaciones acerca de la germinación in vittro del comino; la Universidad de Antioquia, entidad que junto al ministerio formuló el Plan de acción para la conservación de las Zamias de Colombia; y el jardín botánico de Medellín, entidad poseedora de varios individuos de zamias.

Es importante señalar que el costo total estimado del proyecto no incluye la reubicación de los colonos presentes en estas zonas, a quienes se les debe asegurar la protección de sus derechos y se deben reubicar en zonas con condiciones similares que

les permitan desarrollar las actividades productivas que realizan al interior del área protegida.

Finalmente, si no se llevan a cabo las medidas propuestas argumentando la falta de recursos, y teniendo en cuenta que este documento no contempla la compensación para el total de los impactos generados por Urrá; se validaría el argumento presentado en el documento análisis costo-beneficio del proyecto multipropósito Urrá I, en el cual se establece la no viabilidad del proyecto debido a que los costos económicos del proyecto superaban los beneficios para 1999, además actualmente el proyecto sigue generando pérdidas netas debido los pasivos ambientales que generó y que siguen representando hoy una amenaza para la biodiversidad del parque.

Conclusiones

Las medidas de compensación formuladas en el presente documento sólo contemplan la compensación en términos de pérdida de biodiversidad de ecosistemas terrestres ya que en su realización se contó con suficientes insumos, lo que permitió que la aplicación de la metodología propuesta en la resolución 1517 de 2012 se cumpliera de manera satisfactoria. Por otra parte se puede aplicar la misma metodología en cuanto a la formulación de las medidas de compensación por proceso de aumento de la población dentro del AP generada por las expectativas laborales del proyecto pero dichos recursos (principalmente fotografías áreas e imágenes satelitales) son de alto valor comercial y el tenerlas implicaría tener ordenadores que manejen y procesen una cantidad considerable de información tipo raster; así mismo el nivel de detalle sería mucho mejor si se abarca como un proyecto separado debido a que implica un gran número de actividades como trabajo en campo para establecer las zonas en las cuales se establecieron los colonos, lo cual por recursos técnicos y económicos no se alcanzó a desarrollar en el proyecto actual.

Así mismo los impactos generados hacia los ecosistemas acuáticos no se compensan con las medidas aquí formuladas debido a que por sí sólo es un proyecto que tiene un gran alcance y requiere de un equipo interdisciplinar que evalúe de manera detallada la mejor alternativa de compensación. Se espera que el proceso de formulación de medias compensatorias se facilite en un futuro con la expedición del manual para la asignación de compensaciones por pérdida de biodiversidad para ecosistemas marinos y dulceacuícolas.

Para la determinar cuánto compensar según la resolución 1517 de 2012, se determinó que el factor de compensación para las zonas inundadas de bosques naturales del zonobioma húmedo tropical del Magadalena-Caribe correspondía a un valor de 7,75 (Representatividad:2; Rareza:1,75; Potencial:2; Remanencia:2), por otra parte la vegetación secundaria del zonobioma húmedo tropical posee dos factores diferentes de compensación, uno para la vegetación >15 años y otro para vegetación menor a este rango; para el área de estudio se identificó gracias a las fotografías aéreas

de diferentes años que la vegetación allí presente llevaba más de 15 años establecida, por lo tanto el factor de compensación que se asignó fue de 7 (Representatitividad:2; Rareza: 2; Potencial: 1; Remanencia:2).

Las medidas de compensación se subdividieron en dos accionares, la primera es la restauración de zonas dentro de un área protegida dentro del PNN Paramillo, llevándose a cabo un proceso de reforestación en 1364 hectáreas.

Las especies utilizadas en la medida de reforestación se seleccionaron mediante el análisis de las especies en estado de conservación crítico y vulnerable según el libro rojo de plantas de Colombia y el PMA del PNN Paramillo. Revisando todos los volúmenes, se determinó que había especies en peligro para el AP en 3 volúmenes de la colección, los cuales son: Volumen 2 (palmas, frailejones y zamias), volumen 4 (especies maderables amenazadas) y volumen 6 (orquídeas). Utilizando la anterior metodología se seleccionaron las siguientes especies a reforestar (*Zamia restrepoi* – "Corocita", *Cariniana pyriformis* – "Abarco", *Swietenia macrophylia* – "Caoba", *Bombacopsis quitana* – "Ceiba tolua", *Aniba perutilis* – "Comino crespo", *Cattleya warscewiczii, Cattleya dowiana* – "Flores de San Juan/Guaria de turrialba"). Para las especies *Aniba perutilis, Zamia restrepoi, Cattleya warscewiczii y Cattleya dowiana,* la comercialización y producción en masa actualmente no se lleva a cabo por lo que la investigación que se realice sobre estas especies debe tener en cuenta la propagación y reproducción de las mismas con el fin de alcanzar las metas de siembra propuestas.

La medida de reforestación se formula mediante la adquisición de plántulas, el cercado del total de las 1364 hectáreas, un año de establecimiento y un año de mantenimiento, por lo tanto el valor total de esta medida asciende alrededor de 26 mil millones de pesos. Por otra parte un monto de alrededor de 2 mil seiscientos millones se destinará a la segunda actividad que es la investigación de especies vegetales afectadas en la fase de montaje (Llenado del embalse), en la cual disminuyeron considerablemente su población. Las anteriores medidas compensan al PNN Paramillo por la inundación de 221,82 hectáreas cartografiadas, de las cuales 168,33 hectáreas correspondían a vegetación secundaria y 21,27 hectáreas eran de bosques naturales. Las restantes zonas pertenecían a pastos, zonas desnudas y cultivos semipermanentes y

permanentes, por lo que la compensación no aplicó para estas zonas al encontrarse transformadas antes de la inundación.

Por otro lado se logró identificar 17 impactos que causaron pérdida de biodiversidad dentro del parque; de estos, 6 impactos son críticos ya que tienen una calificación entre -600 y -1000; los restantes 11 impactos son de tipo severo (entre -300 y -600). Los impactos críticos identificados son: deterioro de la capa orgánica del suelo, alteración de las geoformas iníciales, afectación de ecosistemas, disminución de la cobertura arbórea, arbustiva y herbácea, disminución poblacional de especies vegetales en peligro o sin identificar y generación de conflictos por el uso del suelo de protección. Todos los impactos de tipo crítico se compensan mediante la ejecución de las medidas de compensación propuestas en este documento, no obstante, no se compensaron algunos impactos de tipo severo tales como aumento de la población en zona de conservación, aumento de sólidos sedimentados, suspendidos y disueltos en el agua, aceleración de procesos de eutrofización, aumento en la temperatura del agua y disminución del oxígeno disuelto, alteración en los aportes de caudal desde y hacia otras cuencas y disminución de poblaciones de peces, anfibios, reptiles y moluscos.

Recomendaciones

Como se indicó en este documento, las medidas de compensación muchas veces implican un alto valor económico por lo tanto se recomienda para futuros proyectos (principalmente de tipo hidroeléctrico) que se determinen y analicen de manera detallada cada uno de los impactos con las medidas de manejo correspondientes con el fin de asegurar la pérdida no neta de biodiversidad en los ecosistemas. Lo anterior implica un levantamiento detallado de información del área de influencia directa e indirecta del proyecto que a pesar de ser costoso, muchas veces termina generando mayores beneficios ambientales, económicos y sociales para el proyecto y su área de influencia.

En el desarrollo de este proyecto se incluyeron dentro de las matrices de valoración los impactos sociales generados por Urrá, sin embargo no se profundizó acerca de ellos debido a que no era objeto de análisis del proyecto. A pesar de esto, se recomienda estudiar las medidas de compensación que se tomaron para retribuir a las comunidades afectadas para verificar si han cumplido con su objetivo.

El total de las medidas de compensación propuestas en este documento ascienden a más de 26 mil millones de pesos, cifra que solo contempla los costos asociados a la restauración ecológica y a los costos investigativos de las especies no referenciadas en la restauración. Pero teniendo en cuenta que las zonas de restauración no están plenamente diagnosticada en su línea base (Clima, Flora, Fauna, Suelos, Demografía, etc.) se requiere una planificación de costeo, es decir, trabajos investigativos que permitan determinar la funcionalidad, estado y cambios asociados a pérdida de biodiversidad que poseen las zonas seleccionadas. Lo anterior implica de antemano un alza en el monto estimado y la previa finalización de un diagnostico con información primaria de las áreas seleccionadas para la compensación.

Es recomendable que dentro de 1386 hectáreas seleccionadas para la restauración, se destine un total de 10 hectáreas como zona de “Bosque espejo”, donde se realicen las actividades de investigación de las especies no reforestadas y a su vez permita identificar facilidades de siembra, reproducción y crecimiento para el total del

área. Los “Bosques espejo”, implican un trabajo conjunto con las instituciones recomendadas en la formulación de la medida de compensación de costos investigativos.

Es necesario que, de ejecutarse las medidas de compensación, PNNC y la empresa multipropósito Urra determinen el mecanismo de seguimiento y control en el avance de las medidas. Esto implica el desarrollo de planes de monitoreo y control las cuales sugerimos se midan a través de indicadores estado/presión siendo de vital importancia el % de avance de las medidas compensatorias (# de hectareas compensadas/ 1386 hectáreas).

Por otra parte, funcionarios del PNN Paramillo realizaron actividades de restauración dentro del AP, en dichas actividades determinaron que con mano de obra local y contemplando un abanico de 30 especies a reforestar (incluidas las especies recomendadas en este documento), el costo de reforestación por hectárea es de alrededor de 6 millones de pesos (Sin contar cercado) que multiplicado por las 1386 hectáreas daría un total de $8.316.000.000,00. Al comparar los costos de establecimiento de este documento sin contemplar los costos de cercado ($11.357.705.136,03) se observa que valor estimado en la formulación es superior. Esto se puede deber en la definición del valor de un jornal ($27.000,00) la cual toma el valor del salario mínimo diario legal vigente año 2016 ($24.000,00) sumado a un refrigerio diario. La diferencia de costos también se puede deber a la definición de costos en los insumos para el establecimiento de la medida de restauración ya que no se tiene en cuenta un descenso en el precio al comprar insumos en grandes cantidades.

Por ultimo en cuanto al tema de las medidas compensatorias, se tiene conocimiento de que la empresa Urrá junto con el IGAC y la CVS van a llevar a cabo un proyecto de restauración ecológica que incluye 81900 hectáreas dentro de la cuenca del río Sinú, sin embargo no se intervienen zonas del parque. En este sentido se recomienda tanto a Urrá como a CVS que prioricen zonas dentro del parque para llevar a cabo este tipo de proyectos ya que como se evidenció en el análisis de impactos y en el mapa de coberturas, dentro del parque aún no se ha saneado ambientalmente la totalidad del área que posee el PNN Paramillo.

Para finalizar, en el desarrollo de este proyecto se acudió a diferentes entidades tales como el IGAC, el IDEAM, PNNC, el instituto Humboldt, el ANLA, el MADS, entre otras, dentro de las cuales se evidenció una falta de articulación en temas referentes a servicios de información. Por lo tanto se recomienda que para futuros trabajos, se debe mejorar el intercambio de información entre entidades y la prestación del servicio, teniendo en cuenta que muchos de estos proyectos académicos sirven de referencia para muchas de estas instituciones y son una herramienta para la resolución de problemáticas ambientales.

Referencias

Álvarez, E., & González, H. (1978). *Geología y geoquímica del Cuadrángulo I-7 (Urrao).* INGEOMINAS, Medellín.

Amaya, R. (1995). *Análisis de los posibles efectos de la desviación del río Sinú sobre la migración de los peces reofílicos.* Montería.

Atencio, V. (Enero-Junio de 2000). Impacto de la hidroeléctrica de Urrá en los peces migratorios del río Sinú. *Temas agrarios, revista de divulgación científica., 5*(9).

Atencio, V., & Solano J & Quiroz, H. (1997). *Identificación de áreas de desove de las principales especies reofílicas en el río Sinú.* Santa Marta.

Ballesteros, F., & Vazquez, V. (2011). *Evaluación de la mortalidad de peces tras su paso por turbinas hidroeléctricas en ríos del norte de España.* Articulo cientifico, Oviedo.

Bodero, A., Revelo, N., & Hernández, L. (2007). *Propuesta nacional para el manejo sostenible de la Swietenia macrophylla King "Caoba" en Ecuador, Quito.* Quito.

Burbano, C., & Usaquén, W. (2003). *Caracterización genética de cinco especies ícticas del río Sinú (Caquetaia kraussi, Brycon moorei, Prochilodus magdalenae, Pimelodus clarias, Sorubim lima). Proyecto hidroeléctrico Urrá.* Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

Calderón, E. (2006). *Libro rojo de plantas de Colombia. Volumen 6: Orquídeas, primera parte.* (E. C. Sáenz, Ed.) Bogotá, Colombia.

Calderón, E., García, G., & Galean, N. (2005). *Libro rojo de plantas de Colombia. Volumen 2: Palmas, frailejones y zamias.* (E. Calderón, & G. G. García, Edits.) Bogotá, Colombia.

Calvo, C. (2000). *Diagnóstico de la caoba (Swietenia macrophylla King) en Mesoamérica, Visión General.* Centro Científico Tropical.

Cárdenas, & Arévalo, G. (2010). *Comunidad de reptiles en humedales y áreas aledañas del departamento de Córdoba.* Articulo cientifico, Universidad Nacional de Colombia, Instituto de ciencias naturales.

Cárdenas, D., & Salinas, N. (2007). *Libro rojo de plantas de Colombia. Volumen 4: Especies maderables amenazadas.* Bogotá, Colombia.

Céspedes, M., Gutierrez, M., Holbrook, N., & Rocha, O. (2003). *Restoration of genetic diversity in the dry forest tree Swietenia macrophylla (Meliaceae) after pasture abandonment in Costa Rica.*

Chapman, F. M. (1917). *The Distribution of Bird-Life in Colombia.* New York, USA: American Museum of Natural History.

CONIF. (1996). *Latifoliadas de zona baja.* Corporación nacional de investigación y fomento forestal, Bogotá.

Convenio CORNARE- Universidad Nacional. (1993). *Estudio dendrológico de los bosques del Suroriente Antioqueño.* Universidad Nacional de Colombia, Medellín.

Corporación Nadonal de Investigación y fomento forestal; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible & Organización internacional de maderas tropicales. (1999). *Guía para plantaciones forestales comerciales.* Bogotá.

CSB. (2009). *POMCA Río San Jorge.* Plan de ordenamiento y manejo de cuanca aportante, Corporación Autonoma Regional del Sur de Bolivar, Bolivar.

CVS. (2013). *Estudio y diseño de las obras de ingeniería para la protección contra la erosión lateral causada por el río Sinú en Tierralta-Córdoba*. Recuperado el 23 de Febrero de 2016, de Uninorte.edu.co: https://guayacan.uninorte.edu.co/divisiones/Ingenierias/IDS/upload/File/Ponencias/Pdf/PROCESO%20DE%20EROSION%20EN%20EL%20RIO%20SINU,%20CASO%20TIERRA%20ALTA.pdf

CVS. (2014). *Amenazas de erosión fluvial e inundaciones en la cuenca del río Sinú.* Descriptivo, Tierralta.

Dames and Moore. (1983). *Alto Sinu project environmental study.* Washington, D.C, USA.

Departamento de agricultura de los Estados Unidos; Servicio de Conservación de Recursos Naturales. (2006). *Claves para la taxonomía de suelos* (Décima edición ed.). Montecillo, Estado de México.

Diaz, E., & Korta, M. (2012). *Evaluar, en la cuenca del Oria, la mortalidad que causan las centrales hidroeléctricas en la población de anguila y proponer medidas correctoras para reducirla.* Investigativo, Bilbao.

El Semillero. (2016). *Adaptación, Usos, Madera, Vivero, Rendimientos y Silvicultura de 95 especies.* Recuperado el 22 de Abril de 2016, de http://elsemillero.net/nuevo/semillas/listado_especies.php?id=31

Empresa Urrá S.A. E.S.P. (1995). *Plan de manejo ambiental de Urrá.* Córdoba, Montería.

Empresa Urrá S.A. E.S.P. (20 de Marzo de 2014). *La Central Hidroeléctrica Urrá I. Generación de energía y aspectos ambientales.* Recuperado el 20 de Noviembre de 2015, de http://es.slideshare.net/deiver1997/central-hidroelctrica-de-urra-y-aspectos-ambientales?next_slideshow=1

Empresa Urrá S.A. E.S.P. (4 de Septiembre de 2014). *Proyecto Aumento de la capacidad del embalse Urrá I.* Recuperado el 6 de Noviembre de 2015, de http://es.slideshare.net/CarlosFlorez3/aumento-capacidad-embalse

Empresa Urrá S.A. E.S.P. (2015). *Descripción Técnica Hidroeléctrica Urrá I*. Recuperado el 19 de Octubre de 2015, de http://urra.com.co/descripcion-tecnica/

Empresa Urrá S.A. E.S.P. (2015). *Empresa Urrá S.A. E.S.P: Historia*. Recuperado el 19 de Enero de 2016, de http://urra.com.co/historia/

Empresa Urrá S.A. E.S.P. (2015). *Preguntas Frecuentes sobre Urrá: Antecedentes de la Licencia Ambiental.* Recuperado el 22 de Noviembre de 2015, de http://www.urra.com.co/documentos/toplicamb.pdf

Empresa Urrá S.A. E.S.P. (2015). *Urrá.com.co*. Recuperado el 23 de Febrero de 2016 , de Descripción técnica hidoeléctrica Urrá: http://urra.com.co/descripcion-tecnica/

Empresa Urrá S.A. E.S.P. (2016). *EMPRESA URRA S.A. TRANSFERENCIAS POR VENTA DE ENERGIA ELECTRICA, LEY 99 /93. CAUSADO - AÑO 2015.* Recuperado el 5 de Febrero de 2016, de http://www.urra.com.co/Transferencias/REGALIAS%20HASTANOV-2015.pdf

Gallego, N., & Castaño, O. (2008). *Ecology and status of the Magdalena River turtle, Podocnemis lewyana, a Colombian endemic.*

Gómez, M. (2010). *Fenología reproductiva de especies forestales nativas presentes en la jurisdicción de CORANTIOQUIA, un paso hacia su conservación.* Medellín.

Gómez, M., & Toro, J. (2007). *Manejo de las Semillas y la Propagación de Diez Especies Forestales del Bosque Húmedo Tropical.* CORANTIOQUIA, Medellín.

González, H. (2001). *Mapa Geológico del Departamento de Antioquia.* Mapa, INGEOMINAS, Bogotá.

Haffer, J. (11 de Julio de 1969). Speciation in Amazonian Forest Birds. *Science, 165*(3889), 131-137.

Instituo Geográfico Agustín Codazzi. (2009). *Estudio General de Suelos y Zonificación de tierras, Departamento de Córdoba.* Bogotá, Colombia.

Instituto Amazónico de investigaciones científicas. (2009). *Fichas técnicas de los patrones de las coberturas de la tierra de la Amazonía Colombiana.*

Lopera, N., Ribeiro, J., Povh, P., Gomes, L., Vargas, L., & Oliveira, L. (2008). *Caracterización genética de lotes de peces usados en programas de repoblamiento y su importancia en la conservación genética en la piscicultura.*

López, C. (2015). *Plan de acción para la conservación de las zamias de Colombia.* Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; Universidad de Antioquia, Bogotá D.C.

López, R., & Cárdenas, D. (2002). *Manual de identificación de especies maderables objeto de comercio en la Amazonía colombiana.* Bogotá, Colombia.

Marrugo, J., Navarro, A., Ruiz, & Javier. (2015). Concentraciones de mercurio total en peces del embalse Urrá (río Sinú, Colombia). Seis años de monitoreo. *Revista MVZ Córdoba*.

Mendieta, J. C. (1999). *Análisis Costo-Beneficio del Proyecto Multipropósito Urrá I.* Bogotá D.C, Colombia.

Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible. (5 de Octubre de 1999). *Resolución 838 de 1999*. Bogotá, Colombia.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (31 de Agosto de 2012). Resolución 1517 de 2012 por la cual se adopta el manual para la asignaicón de compensaciones por pérdida de biodiversidad. *Por la cual se adopta el manual para la asignaicón de compensaciones por pérdida de biodiversidad*. Bogotá D.C, Colombia.

Mojica, J. U., Álvarez, R., & Lasso, C. (2012). *Libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia (2012).* (J. Mojica, J. Usma, R. Álvarez, & C. Lasso, Edits.) Bogotá.

Moreira, A. A., Hilsdorf, A. W., Silva, J. V., & Souza, V. R. (Abril de 2007). Variabilidade genética de duas variedades de tilápia nilótica por meio de marcadores microssatélites. *Pesquisa Agropecuária Brasileira, 42*(4).

Moreta, J. C. (2008). *La eutrofización de los lagos y sus consecuencias.* Universidad técnica del norte, Ibarra.

Olaya, C., Segura, F., & Tordecilla, G. (Mayo-Agosto de 2008). RELACIÓN LONGITUD-PESO DEL RUBIO (Salminus affinis Steindachner, 1880) EN LA CUENCA DEL RÍO SINÚ, COLOMBIA. *Revista MVZ Córdoba, 13*(2).

Olaya, C., Segura, F., Tordecilla, G., & Appeldoorn, R. (2007). *Estimación de los parámetros biológicos básicos de peces comerciales del río Sinú-II Fase.* Universidad de Córdoba, Córdoba, Lorica.

Ortiz, R., Pérez, J., Racero, J., Linares, J., & Chacón, J. (Julio-Diciembre de 2015). Densidad poblacional y estructura de grupo de Alouatta seniculus (Primate: Atelidae) en la zona amortiguadora del embalse Urrá I, Tierralta, Córdoba, Colombia. *Revista Biodiversidad Neotropical*.

Otero, R., González, A., & Solano, J. &. (1986). *Migración de peces del río Sinú.* Córdoba, Montería.

Páez, V., Restrepo, A., Vargas, M., Bock, B., & Gallego, N. (2012). *Biología y conservación de las tortugas continentales de Colombia.* Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá D.C.

Perez, J. (2011). *Informe parcial batimetría Urrá*. (u. EAFIT, Productor) Recuperado el 23 de Febrero de 2015, de https://prezi.com/awqtldce36rk/copy-of-copy-of-informe-batimetria-central-hidroelectrica-urra/

Pinzón, S. V., & Arango, O. L. (2012). *Plan Nacional de restauración: restauración ecológica, rehabilitación y recuperación de áreas disturbadas.* Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Bogotá.

PNNC. (2014). *PARQUE NACIONAL NATURAL PARAMILLO-DTCA-2014. PLAN DE MANEJO 2014-2019.* Plan de Manejo Ambiental, PNNC, Tierralta.

Quinonez, O., & Fulfaro, V. (2000). *Rates and processes of bank erosion Itaipu reservoir, Paraguay-Brazil border, Southamerica.* Articulo cinetifico, Universidad estatal paulista, Belo Horizonte.

Racero, J., Marrugo, J. L., & Pinedo, J. (2012). Hallazgo de mercurio en piezas dentales de jaguares (Panthera onca) provenientes de la zona amortiguadora del parque naciona natural Paramillo, Córdoba, Colombia. *Revista Latinoamericana de conservación, 2*.

Racerro Casarrubia, J., Ballesteros Correa, J., & Pérez Torres, J. (2015). *Mamíferos del departamento de Córdoba-Colombia.* Colombia.

Renjifo, L., Franco, A. M., Amaya, J. D., & López, G. K. (2002). *Libro rojo de aves de Colombia.* (L. Renjifo, A. M. Franco, J. D. Amaya, & G. K. López, Edits.) Bogotá, Colombia.

Rojas, D. (2015). *Árbol de comino (Aniba perutilis Hemsley) una planta maderable en peligro de extinción en el sur del departamento del Huila.* Universidad Nacional abierta y a distancia, Pitalito.

Ruiz, R., & Esquivel, C. (2015). *Cátalogo de epífitas vascualres del sector el silencio(PNN Paramillo) y zona amortiguadora, Córdoba, Colombia.* Articulo cientifico, Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Biología, Monteria.

Sanclemente, J. (2011). *Propiedades y contaminación del Suelo.* Universidad nacional abierta y a distancia, Escuela de ciencias agricolas, pecuarias y del medio ambiente, Palmira.

SODIMAC. (2016). *Homecenter: Catálogos vigentes.* Obtenido de http://www.homecenter.com.co/homecenter-co/category/cat20006/Catalogos-vigentes

Suarez de Castro, F. (1980). *Conservación de suelos.* Costa Rica, Costa Rica.

Universidad del Norte; Corporación autónoma regional de los valles del Sinú y San Jorge. (s.f.). *Estudios y diseños de las obras de ingeniería para la protección contra la erosión lateral causada por el río Sinú en Tierralta-Córdoba.* Recuperado el 2016 de 20 de Enero, de https://guayacan.uninorte.edu.co/divisiones/Ingenierias/IDS/upload/File/Ponencias/Pdf/PROCESO%20DE%20EROSION%20EN%20EL%20RIO%20SINU,%20CASO%20TIERRA%20ALTA.pdf

Valderrama, M., & Solano, D. (2004). Estado de la población de Bocachico Prochilodus magdalenae (pisces; characiformes), y su manejo en la cuenca del río Sinú, Colombia. *Dahlia, Revista de la Asociación Colombiana de Ictiólogos*.

Valencia, F. (2012). *Arboles con potencial para ser incorporados en sistemas agroforestales con cafe.* CENICAFE, Bogotá, Colombia.

Anexos

Ver carpeta de archivos “Anexos” adjunta