

Plan Nacional de adaptación a la vulnerabilidad de los sistemas hidroeléctricos: sector energía–Paraguay

Editores

Veronica R. Prado
Sergio Andres Argüello
Osvaldo Cristaldo Cantero
Francine Vaurof
Ethel Rojas
Alfred Hans Grunwaldt

Autores

Fernando Ferreira
Victorio Oxilia
Silvio Binato

Banco Interamericano de Desarrollo
División de Energía
Octubre 2025

Plan Nacional de adaptación a la vulnerabilidad de los sistemas hidroeléctricos: sector energía–Paraguay

Editores

Veronica R. Prado
Sergio Andres Argüello
Osvaldo Cristaldo Cantero
Francine Vaurof
Ethel Rojas
Alfred Hans Grunwaldt

Autores

Fernando Ferreira
Victorio Oxilia
Silvio Binato

Banco Interamericano de Desarrollo
División de Energía
Octubre 2025

Catalogación en la fuente proporcionada por la Biblioteca Felipe Herrera del Banco Interamericano de Desarrollo

Ferreira, Fernando.

Plan nacional de adaptación a la vulnerabilidad y al cambio climático sector energía Paraguay / Fernando Ferreira, Victorio Oxilia, Silvio Binato; editores, Veronica R. Prado, Sergio Andres Arguello, Osvaldo Cristaldo Cantero, Francine Vaurof, Ethel Rojas, Alfred Hans Grunwaldt.
p. cm. — (Nota técnica del BID ; 3198)

Incluye referencias bibliográficas.

1. Climate change adaptation-Paraguay. 2. Hydroelectric power plants-Environmental aspects-Paraguay. 3. Water-power-Environmental aspects-Paraguay. I. Oxilia, Victorio. II. Binato, Silvio. III. Prado, Veronica R., editora. IV. Arguello, Sergio Andres, editor. V. Cantero Cristaldo, Osvaldo, editor. VI. Vaurof, Francine, editora. VII. Rojas, Ethel, editora. VIII. Grunwaldt, Alfred Hans, editor. IX. Banco Interamericano de Desarrollo. División de Energía. X. Banco Interamericano de Desarrollo. Sector de Cambio Climático y Desarrollo. XI. Serie.

IDB-TN-3198

Códigos JEL: Q54; Q25; Q48; Q40; O13

Palabras claves: adaptación climática, energía hidroeléctrica, vulnerabilidad sectorial, gestión de recursos hídricos, planificación energética.

<http://www.iadb.org>

Copyright © 2025 Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons CC BY 3.0 IGO (<https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/igo/legalcode>). Se deberá cumplir los términos y condiciones señalados en el enlace URL y otorgar el respectivo reconocimiento al BID.

En alcance a la sección 8 de la licencia indicada, cualquier mediación relacionada con disputas que surjan bajo esta licencia será llevada a cabo de conformidad con el Reglamento de Mediación de la OMPI. Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la Comisión de las Naciones Unidas para el Derecho Mercantil (CNUDMI). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID, no están autorizados por esta licencia y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Note que el enlace URL incluye términos y condiciones que forman parte integral de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta obra son exclusivamente de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del BID, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.



Editores

Veronica R. Prado

Sergio Andres Arguello

Osvaldo Cristaldo Cantero

Francine Vaurof

Ethel Rojas

Alfred Hans Grunwaldt

Autores

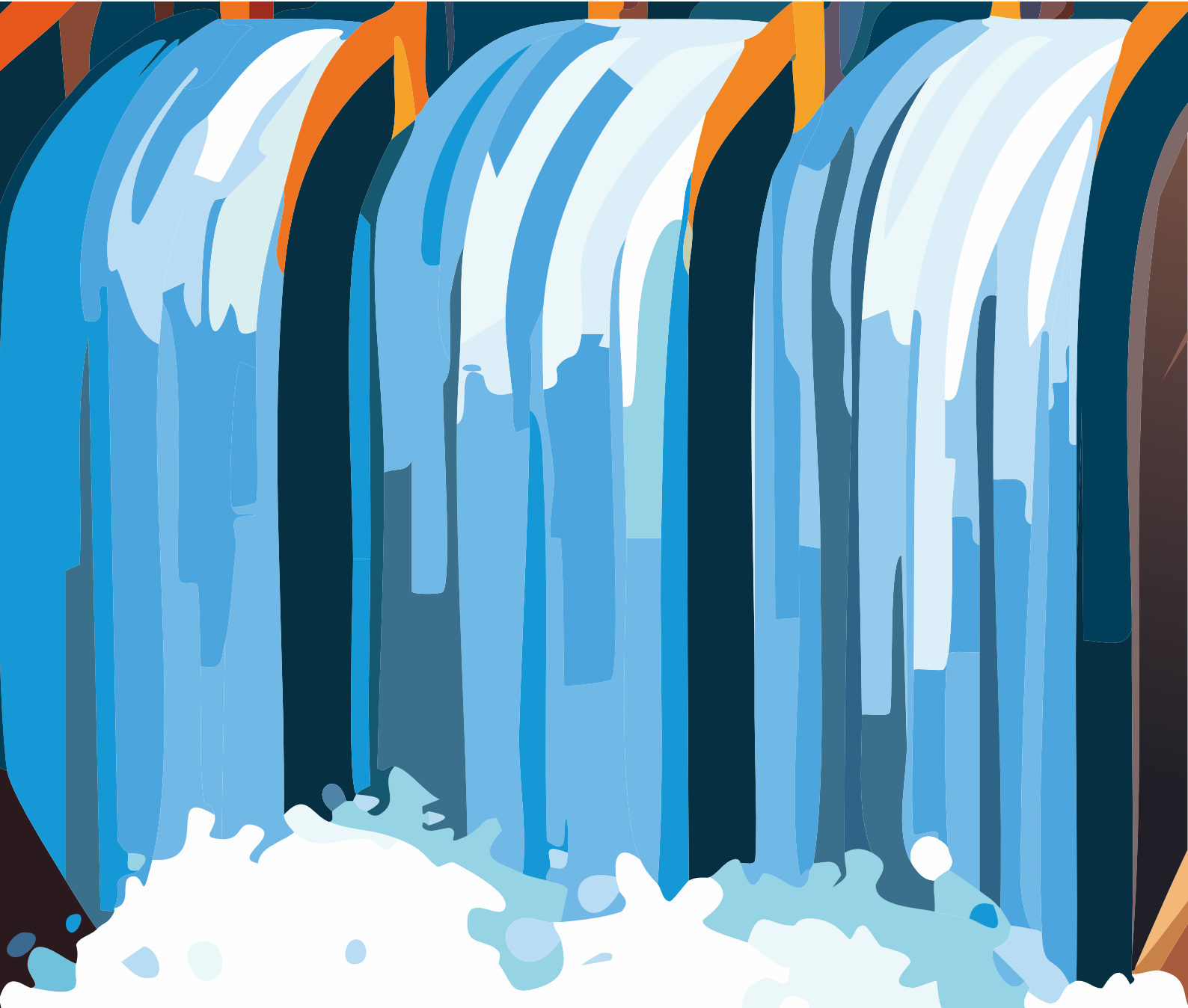
Fernando Ferreira

Victorio Oxilia

Silvio Binato

Agradecimientos

Este informe es parte de la agenda de conocimiento llevada adelante por la División de Energía del Banco Interamericano de Desarrollo que tiene por objetivo desarrollar nuevos productos de conocimiento y programas de asistencia técnica para los países de América Latina y el Caribe. Los productos de conocimiento generados tienen la intención de informar, guiar y ofrecer un menú de recomendaciones a los hacedores de políticas y participantes activos en los mercados energéticos, incluidos los consumidores, las empresas de servicios públicos y los reguladores. El informe fue elaborado bajo la dirección general de Marcelino Madrigal (Jefe de la División de Energía) y Graham George Watkins (Jefe de la División de Cambio Climático). Los líderes del equipo de trabajo son Veronica R. Prado (ENE), Alfred Hans Grunwaldt (CCS), y Francine Vaurof (CCS), y los miembros del equipo son Sergio Andres Arguello (ENE) y Ethel Rojas (CCS). Los principales autores del informe son Fernando Ferreira, Victorio Oxilia, y Silvio Binato del Consorcio PSR, ESENERG, METEOSIM. El editor principal es Osvaldo Cristaldo Cantero. El equipo valora los comentarios y revisión de Lenin Balza (ENE), Gabriela Montes de Oca (ENE), y Mariana Insfran (CCS) del Banco Interamericano de Desarrollo. Adicionalmente, los editores y autores agradecen a *sofiarguello.com* por el diseño de la publicación. El equipo agradece el apoyo financiero de los Fondos de la OC SDP Ventanilla 2—Infraestructura(W2B) del BID a través de la Cooperación Técnica “Análisis Hidrológico de Cuenca del Río Paraná” (ATN/OC-19343-PR—PR-T1328) y de fondos de la Cooperación Técnica “Apoyo al diseño de un proyecto piloto de BID CLIMA en Paraguay—Lago Ypacaraí” (ATN/OC-20990-PR—PR-T1363).



Plan Nacional de Adaptación a la **Vulnerabilidad de los Sistemas Hidroeléctricos**

Sector Energía



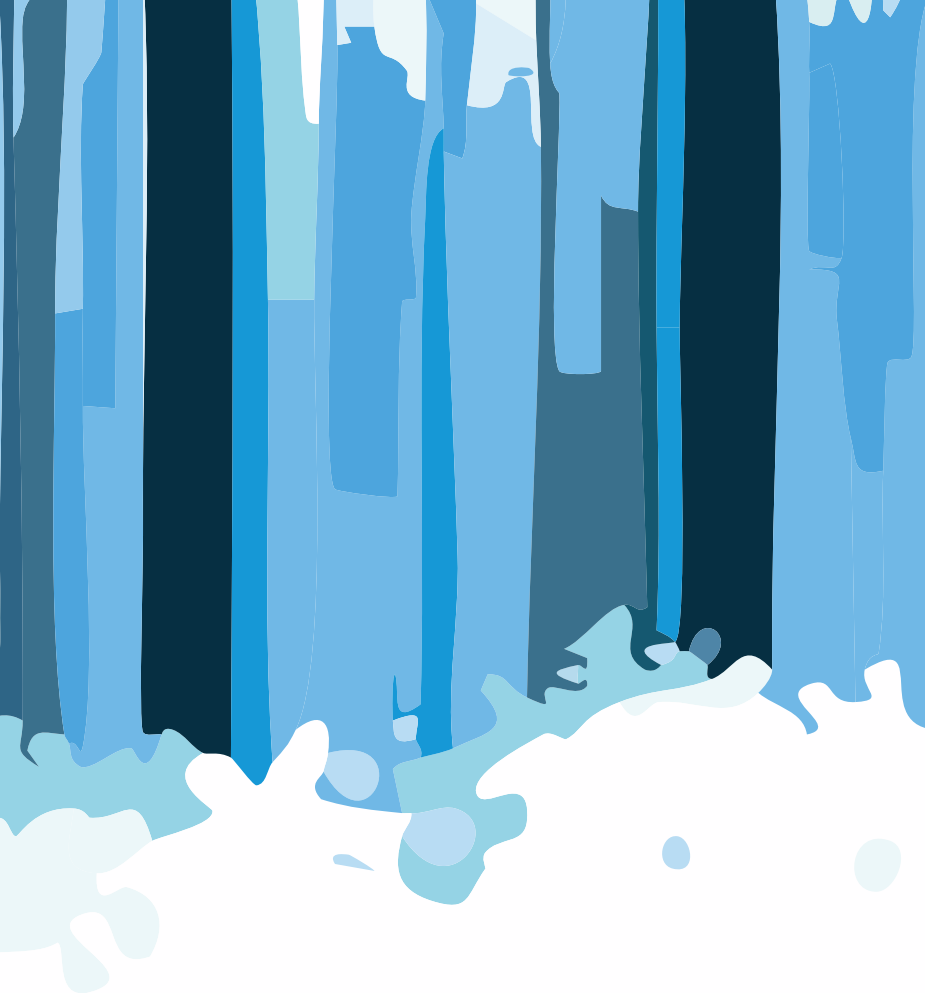
GOBIERNO DEL
PARAGUAY

MINISTERIO DE
OBRAS PÚBLICAS Y
COMUNICACIONES

VICEMINISTERIO
DE MINAS Y
ENERGÍA

MADES





CONTENIDO

Contenido

10	SOBRE ESTA NOTA TÉCNICA
11	ACRÓNIMOS
12	GLOSARIO DE TERMINOLOGÍA CLAVE
15	PRÓLOGO
16	RESUMEN EJECUTIVO
21	INTRODUCCIÓN
	ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO Y EL SECTOR ENERGÉTICO EN PARAGUAY
27	1. 1. Tendencia Global
28	1. 2. Adaptación al Cambio Climático
31	1. 3. Sectores Prioritarios para la Adaptación en Paraguay
32	1. 4. Proyecciones de Temperatura y Precipitación en la Cuenca del río Paraná–Modelación Climática e Hidrológica
34	1. 5. Proyección de la Demanda de Energía Eléctrica para Paraguay
36	1. 6. Vulnerabilidades del Sector Energético en Paraguay
37	1. 7. El Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) 2022-2030 de Paraguay
39	1. 8. El Plan Nacional de Adaptación a la Vulnerabilidad de los sistemas hidroeléctricos: Sector Energía–Paraguay
41	1. 9. Alineación de las medidas con el PNACC y la Hoja de Ruta 2030
	EL CONTEXTO DE LA CUENCA DEL RÍO PARANÁ
43	2. 1. Perspectiva General
45	2. 2. Perspectiva Físico Ambiental
46	2. 3. Perspectiva Económica
48	2. 4. Perspectiva Social
	METODOLOGÍA
53	3. 1. Síntesis Metodológica
55	3. 2. Análisis de Beneficios y Costos
60	3. 3. Diagnóstico de Vulnerabilidad y Resiliencia
	RESULTADOS
65	4. 1. Análisis de Beneficios y Costos de las Medidas de Adaptación.
69	4. 2. Hallazgos y Recomendaciones
71	4. 3. Diagnóstico Vulnerabilidad y Resiliencia Local–Resultados del Modelo (PHD) 2015-2019
77	4. 4. Vulnerabilidad y Resiliencia por Departamento.
101	4. 5. Hallazgos y recomendaciones
	PLAN NACIONAL DE ADAPTACIÓN A LA VULNERABILIDAD Y AL CAMBIO CLIMÁTICO
110	5. 1. IMPLEMENTACIÓN
111	5. 2. Temporalidad y actualización del Plan
	PROGRAMA DE MONITOREO
113	6. 1. Lineamientos Modelo para el Programa de Monitoreo
113	6. 2. Recopilación y Tratamiento de Datos.
115	6. 3. Participación
116	6. 4. Índice General de Monitoreo
122	6. 5. Estrategias de Monitoreo
125	7.RECOMENDACIONES
127	8.CONSIDERACIONES FINALES
130	9.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS
133	1.ANEXOS
133	1. 1. Modelos y Métodos
152	1. 2. Datos y Cuestionarios

Figuras

24	Figura 1. Estructura de la nota técnica.	74	Figura 25. Gráfico del rendimiento promedio de indicadores de vulnerabilidad y resiliencia 2015 a 2019 para los departamentos de la cuenca del río Paraná.
29	Figura 2. Composición de indicadores de Vulnerabilidad y Resiliencia.	77	Figura 26. Mapa de resiliencia del Departamento de Caaguazú.
30	Figura 3. Adaptación del marco conceptual del Riesgo según el IPCC (2022), en la que se destaca la interacción que existe entre los eventos climáticos, los procesos de desarrollo y la exposición de los sistemas ante el cambio climático	78	Figura 27. Gráficos comparativos sobre la evolución del rendimiento de los indicadores y subindicadores de Vulnerabilidad y Resiliencia del 2015 al 2019 (método PHD) del departamento de Caaguazú.
32	Figura 4. Proyecciones de temperatura y precipitación en la cuenca del río Paraná según la modelación climática.	80	Figura 28. Gráfico de dominancia de fortalezas y debilidades en los indicadores y subindicadores de vulnerabilidad y resiliencia del departamento de Caaguazú.
35	Figura 5. Gráfico de demanda de energía eléctrica en escenarios climáticos analizados para horizontes 2030 y 2070.	81	Figura 29. Mapa de resiliencia del Departamento de Canindeyú.
37	Figura 6. Diagrama vulnerabilidades del sector energético en Paraguay.	82	Figura 30. Gráficos comparativos sobre la evolución de los indicadores y subindicadores de Vulnerabilidad y Resiliencia del 2015 al 2019 (método PHD) del departamento de Canindeyú.
38	Figura 7. Ejes transversales y sectores prioritarios del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático PNACC 2022-2030.	84	Figura 31. Gráfico de dominancia de fortalezas y debilidades en los indicadores y subindicadores de vulnerabilidad y resiliencia del departamento de Canindeyú.
39	Figura 8. Estructura del Plan Nacional de Adaptación a la Vulnerabilidad de los sistemas Hidroeléctricos: Sector Energía-Paraguay.	85	Figura 32. Mapa de resiliencia del Departamento de Itapúa.
44	Figura 9. Mapa de ubicación de la cuenca del río Paraná.	86	Figura 33. Gráficos comparativos sobre la evolución de los indicadores y subindicadores de Vulnerabilidad y Resiliencia del 2015 al 2019 (método PHD) del departamento de Itapúa.
45	Figura 10. Fotografía Salto del Monday.	88	Figura 34. Gráfico de dominancia de fortalezas y debilidades en los indicadores y subindicadores de vulnerabilidad y resiliencia del departamento de Itapúa.
46	Figura 11. Fotografía Agricultura Paraguaya de la soja.	89	Figura 35. Mapa de resiliencia del Departamento de Alto Paraná.
47	Figura 12. Gráfico de Porcentaje de participación por actividad económica en el conjunto de los 6 departamentos de la cuenca del río Paraná.	90	Figura 36. Gráficos comparativos sobre la evolución de los indicadores y subindicadores de Vulnerabilidad y Resiliencia del 2015 al 2019 (método PHD) del Departamento de Alto Paraná.
48	Figura 13. Misiones Jesuíticas de Trinidad.	92	Figura 37. Gráfico de dominancia de fortalezas y debilidades en los indicadores y subindicadores de vulnerabilidad y resiliencia del Departamento de Alto Paraná.
49	Figura 14. Cantidad de habitantes por Departamento de la cuenca del río Paraná.	93	Figura 38. Mapa de resiliencia del Departamento de Misiones.
54	Figura 15. Esquema de elementos para el diseño del Plan Nacional de Adaptación a la Vulnerabilidad de los sistemas Hidroeléctricos: Sector Energía-Paraguay.	94	Figura 39. Gráficos comparativos sobre la evolución de los indicadores y subindicadores de Vulnerabilidad y Resiliencia del 2015 al 2019 (método PHD) del departamento de Misiones.
55	Figura 16. Fases del análisis de Beneficios y Costos de las medidas para el Plan de Adaptación.	96	Figura 40. Gráfico de dominancia de fortalezas y debilidades en los indicadores y subindicadores de vulnerabilidad y resiliencia del departamento de Misiones.
56	Figura 17. Flujos del Análisis de Beneficios y Costos de las Medidas para el Plan de Adaptación.	97	Figura 41. Mapa de resiliencia del Departamento de Ñeembucú.
61	Figura 18. Esquema de indicadores y subindicadores del modelo de diagnóstico de Vulnerabilidad y Resiliencia.	98	Figura 42. Gráficos comparativos sobre la evolución de los indicadores y subindicadores de Vulnerabilidad y Resiliencia del 2015 al 2019 (método PHD) del Departamento de Ñeembucú.
62	Figura 19. Proceso de aplicación del modelo PHD para la evaluación de indicadores y subindicadores de vulnerabilidad y resiliencia.	100	Figura 43. Gráfico de dominancia de fortalezas y debilidades en los indicadores y subindicadores de vulnerabilidad y resiliencia del Departamento de Ñeembucú.
65	Figura 20. Objetivos para el sector Energía del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) 2020-2030 de Paraguay.		
67	Figura 21. Clasificación General de las medidas de adaptación evaluadas por los modelos MPHD2, MPHDI, FCD, DEA.		
72	Figura 22. Mapa de vulnerabilidad y resiliencia de los departamentos de la cuenca del río Paraná.		
72	Figura 23. Gráfico de Resultados del Índice de Resiliencia (Escala PHD) para los departamentos de la cuenca del río Paraná.		
73	Figura 24. Gráfico de evolución del Índice de Vulnerabilidad y Resiliencia (Escala PHD) 2015 a 2019 por Departamento.		

106	Figura 44. Objetivos del Plan Nacional de Adaptación a la Vulnerabilidad y al Cambio Climático: Sector Energía-Paraguay.	116	Figura 49. Modelo de Monitoreo de las Medidas de Adaptación al Cambio Climático para sistemas hidroeléctricos de la cuenca del río Paraná.
107	Figura 45. Componentes del Plan Nacional de Adaptación a la Vulnerabilidad y al Cambio Climático: Sector Energía-Paraguay.	118	Figura 50. Áreas de impacto del Cambio Climático.
110	Figura 46. Esquema de Implementación del Plan Nacional de Adaptación a la Vulnerabilidad y al Cambio Climático: Sector Energía-Paraguay	120	Figura 51. Impactos Económicos del cambio climático en la generación de energía.
114	Figura 47. Esquema de Recopilación y tratamiento de datos para el modelo de Programa de Monitoreo.	122	Figura 52. Consideraciones Complementarias del Monitoreo.
115	Figura 48. Pilares de la Participación en el modelo de Programa de Monitoreo.		

Tablas

33	Tabla 1. Resultados de los índices climáticos relativos a la temperatura en la Modelación Climática, Hidrológica y Proyección de la Demanda Energética en la cuenca del río Paraná.	107	Tabla 10. Propuesta de Plan Nacional de Adaptación a la Vulnerabilidad y al Cambio Climático: Sector Energía-Paraguay. Objetivos, Estrategias, Instrumentos, Medidas, Actores Principales e Indicadores de seguimiento, organizados por rango del Análisis B/C
33	Tabla 2. Resultados de los índices climáticos relativos a la precipitación en la Modelación Climática, Hidrológica y Proyección de la Demanda Energética en la cuenca del río Paraná.	117	Tabla 11. Variables climáticas y sus impactos.
35	Tabla 3. Demanda de energía eléctrica en escenarios climáticos analizados para horizontes 2030 y 2070 en la Modelación Climática, Hidrológica y Proyección de la Demanda Energética en la cuenca del río Paraná.	119	Tabla 12. Impactos Ambientales, Sociales y Económicos del Cambio Climático.
66	Tabla 4. Medidas evaluadas	152	Tabla A1. Lista de encuestados e instituciones para la evaluación de beneficios
68	Tabla 5. Medidas de la propuesta del Plan de Adaptación jerarquizadas según beneficios tridimensionales versus costos y actores institucionales.	153	Tabla A2. Notas Finales Cuestionario OBJ 12.4
75	Tabla 6. Indicadores de Vulnerabilidad y Resiliencia de los departamentos de la cuenca del río Paraná.	153	Tabla A3. Notas Finales Cuestionario OBJ 12.5
76	Tabla 7. Análisis de fortalezas y debilidades del conjunto de departamentos en términos de vulnerabilidad y resiliencia.	154	Tabla A4. Notas Finales Cuestionario OBJ 12.6
103	Tabla 8. Resumen los valores índices ND-GAIN y el índice de vulnerabilidad y resiliencia por Departamento calculado en este estudio.	154	Tabla A5. Notas Finales Cuestionario OBJ 12.7
105	Tabla 9. Estructura de la propuesta del Plan Nacional de Adaptación a la Vulnerabilidad y al Cambio Climático: Sector Energía-Paraguay.	155	Tabla A6. Notas Finales Cuestionario OBJ 12.8
		155	Tabla A7. Notas Finales Cuestionario OBJ 12.9
		156	Tabla A8. Notas Finales Cuestionario OBJ 13.10
		156	Tabla A9. Notas Finales Cuestionario OBJ 13.11
		157	Tabla A10. Notas Finales Cuestionario OBJ 13.13
		157	Tabla A11. Notas Finales Cuestionario OBJ 14.14
		158	Tabla A12. Notas Finales Cuestionario OBJ 14.15
		158	Tabla A13. Notas Finales Cuestionario OBJ 14.16
		159	Tabla A14. Notas Finales Cuestionario OBJ 14.18
		159	Tabla A15. Notas Finales Cuestionario OBJ 14.19
		160	Tabla A16. Notas Finales Cuestionario OBJ 14.20

Sobre esta nota técnica

El objetivo de esta nota técnica es presentar el **Plan Nacional de Adaptación a la Vulnerabilidad de los sistemas hidroeléctricos: Sector Energía-Paraguay**, enfocado en los sistemas hidroeléctricos de la cuenca del río Paraná, y ofrecer una síntesis de los resultados del **Análisis de Beneficios y Costos de las Medidas de Adaptación**. Este análisis permitió proponer un plan de adaptación jerarquizado para escenarios de cambio climático post-2030, utilizando una metodología que incluye un complejo estudio multicriterio de beneficios y costos de las medidas de adaptación vigentes en el marco local, así como una evaluación de la resiliencia y vulnerabilidad de los Departamentos de la cuenca del río Paraná. Además, se propone un programa de monitoreo basado en indicadores relevantes.

Dirigido a técnicos y tomadores de decisiones, las informaciones que se presentan de manera sintética y gráfica son resultado de un análisis robusto y altamente técnico. Esta publicación surge con el objetivo de facilitar el acceso a información valiosa y relevante para el sector y la región, que apoye a los procesos de planificación y toma de decisiones en el sector de generación hidroeléctrica.

Acrónimos

ANDE	Administración Nacional de Electricidad
B/C	Beneficio/Costo
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CCS	Cambio Climático y Sostenibilidad
DEA	Análisis de Envoltura de Datos (Data Envelopment Analysis)
FCD	Flujo de Caja Descontado
GEI	Gases de Efecto Invernadero
IPCC	Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático, por sus siglas en inglés
LUREE	Ley de Uso Racional y Eficiente de Energía
MADES	Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible
MDS	Ministerio de Desarrollo Social
MPHD	<i>Perceptor Hierarchical Decision Model</i>
MUVH	Ministerio de Urbanismo, Vivienda y Hábitat
NDC	Contribución Nacionalmente Determinada, por sus siglas en inglés
OC SDP	Oficina de Cooperación y Desarrollo Sostenible del BID
PHD	<i>Perceptor Hierarchical Decision</i>
PROEZA	Programa de Reducción de Emisiones en Zonas de Agricultura
PyME	Pequeñas y Medianas Empresas
RCP	Trayectorias de concentración representativas (RCP) (<i>Representative Concentration Pathways</i>)
SIN	Sistema Interconectado Nacional
STP	Secretaría Técnica de Planificación
VMME	Viceministerio de Minas y Energía

GLOSARIO DE TERMINOLOGÍA CLAVE

Este glosario está diseñado para proporcionar definiciones claras y estandarizadas de los términos clave en el contexto del estudio.

Adaptabilidad (Capacidad de Adaptación):

Capacidad de los sistemas, las instituciones, los humanos y otros organismos para adaptarse ante posibles daños, aprovechar las oportunidades o afrontar las consecuencias (AR5_WGII_glossary_ES).

Adaptación: Proceso de ajuste al clima real o proyectado y sus efectos. En los sistemas humanos, la adaptación trata de moderar los daños o aprovechar las oportunidades beneficiosas. En algunos sistemas naturales, la intervención humana puede facilitar el ajuste al clima proyectado y a sus efectos (AR5_WGII_glossary_ES).

Análisis de Beneficio-Costo: Método utilizado para evaluar y comparar los beneficios y costos asociados a una medida o conjunto de medidas, considerando factores económicos, sociales y ambientales en el contexto de la adaptación al cambio climático.

Análisis Envolvente de Datos (DEA): Técnica utilizada para medir la eficiencia técnica de las medidas de adaptación, comparando la relación entre insumos y productos.

Cambio Climático: Variación del estado del clima, identificable en las variaciones del valor medio o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante largos períodos de tiempo, generalmente decenios o más. Puede deberse a procesos naturales o a forzamientos externos, incluyendo modificaciones antropógenas (AR5_WGII_glossary_ES).

Clústeres de Beneficios: Grupos o categorías de beneficios que comparten características comunes, identificados mediante el análisis de patrones en los datos recopilados.

Cuenca Hidrográfica: Unidad geográfica delimitada por el relieve, donde toda el agua superficial y subterránea fluye hacia un punto común. En el contexto de la Nota Técnica, se analiza la cuenca del río Paraná y su papel en la generación hidroeléctrica.

Escasez Hídrica: Situación en la que la demanda de agua supera la disponibilidad del recurso, exacerbada por eventos climáticos extremos y cambios en los patrones de precipitación.

Escenarios Climáticos: Proyecciones de las condiciones climáticas futuras basadas en modelos que consideran diferentes niveles de emisiones de gases de efecto invernadero y otras variables.

Eventos Climáticos Extremos: Fenómenos meteorológicos o climáticos de gran intensidad que pueden generar impactos significativos en los sistemas naturales y humanos, como sequías, inundaciones y olas de calor (AR5_WGII_glossary_ES).

Exposición: La presencia de personas, medios de sustento, especies o ecosistemas, funciones, servicios y recursos ambientales, infraestructuras, o activos económicos, sociales o culturales en lugares que podrían verse afectados negativamente (AR5_WGII_glossary_ES).

Flujo de Caja Descontado (FCD): Método de evaluación de inversiones que toma en cuenta el valor del dinero a lo largo del tiempo para calcular el Valor Presente Neto (VPN).

Función de Gauss: Función matemática utilizada para normalizar datos y asegurar la consistencia y comparabilidad de la información.

Gobernanza Climática: Marco institucional y normativo que regula las acciones de mitigación y adaptación al cambio climático en diferentes niveles de gobierno y en la sociedad civil.

Impacto Climático: Efectos del cambio climático en los sistemas naturales y humanos, que pueden ser negativos o positivos, dependiendo de la capacidad de adaptación y resiliencia del sistema afectado.

Indicadores de Resiliencia: Variables cuantitativas o cualitativas utilizadas para medir la capacidad de un sistema o comunidad de resistir, adaptarse y recuperarse de impactos climáticos adversos.

Indicadores de Vulnerabilidad: Factores que reflejan la susceptibilidad de un sistema o comunidad a los efectos adversos del cambio climático. Incluyen dimensiones ambientales, económicas y sociales que afectan la capacidad de respuesta y adaptación.

Índice ND-GAIN: Índice creado por la Universidad de Notre Dame para medir la vulnerabilidad y la capacidad de adaptación al cambio climático en diferentes países.

Modelación Climática: Proceso de simulación de las condiciones climáticas futuras utilizando modelos computacionales que consideran diferentes niveles de emisiones de gases de efecto invernadero y otras variables.

Modelos de Proyección Climática: Herramientas computacionales que simulan la evolución futura del clima bajo diferentes escenarios de emisiones y condiciones atmosféricas.

Perceptor Hierarchical Decision (PHD): Modelo utilizado para evaluar y jerarquizar medidas de adaptación en función de su relación beneficio/costo y su eficiencia técnica.

Plan de Adaptación: Instrumento de planificación que propone una serie de medidas y estrategias para mejorar la resiliencia de un sector o territorio ante los impactos del cambio climático.

Programas de Monitoreo: Conjunto de metodologías y herramientas utilizadas para el seguimiento de indicadores clave relacionados con la adaptación, la vulnerabilidad y la resiliencia ante el cambio climático.

Proyección de la Demanda Energética: Estimaciones futuras del consumo de energía basadas en factores como el crecimiento económico, el aumento de la población y la expansión de la infraestructura.

Riesgo: La probabilidad de que se produzcan consecuencias negativas en el sistema humano o ecológico resultantes de interacciones entre fenómenos climáticos peligrosos (incluidos cambios en la magnitud y la frecuencia) y la vulnerabilidad y exposición de los sistemas afectados (*AR5_WGII_glossary_ES*).

Resiliencia: Capacidad de los sistemas sociales, económicos y ambientales para sobreponerse y recuperar su funcionalidad tras eventos adversos, incluyendo impactos relacionados con el cambio climático (*AR5_WGII_glossary_ES*).

Seguridad Energética: Disponibilidad continua y confiable de fuentes de energía a precios accesibles. En el contexto del cambio climático, implica garantizar la resiliencia del sector energético ante eventos extremos y cambios en la disponibilidad de recursos hídricos.

Simulaciones de Monte Carlo: Método estadístico utilizado para modelar sistemas complejos mediante la generación de valores aleatorios y el análisis probabilístico de múltiples escenarios.

Vulnerabilidad: Propensión o predisposición a ser afectado negativamente. La vulnerabilidad incluye diversos conceptos y elementos entre ellos la sensibilidad o susceptibilidad al daño y la falta de capacidad de respuesta y adaptación." (*AR5_WGII_glossary_ES*)

Prólogo



El cambio climático representa uno de los mayores desafíos de nuestro tiempo, y su impacto sobre los sistemas hidroeléctricos exige respuestas concretas, integradas y sostenibles. En este contexto, el Plan Nacional de Adaptación a la Vulnerabilidad de los Sistemas Hidroeléctricos: Sector Energía – Paraguay constituye un paso decisivo hacia la construcción de un sistema energético más resiliente, equitativo y preparado para el futuro.

Este documento, que se orienta a la operacionalización de los objetivos de adaptación establecidos para el sector energía en la Hoja de Ruta de Adaptación al 2030, ofrece lineamientos de actuación técnicos y estratégicos para fortalecer la seguridad energética del país, proteger nuestros recursos hídricos y promover soluciones innovadoras que respondan a las realidades locales. A través de un enfoque territorial, basado en evidencia y orientado a la acción, el Plan identifica medidas prioritarias que permitirán reducir la vulnerabilidad del sector energético ante escenarios climáticos adversos, especialmente en la cuenca del río Paraná.

El Plan permitirá orientar inversiones públicas y privadas, priorizar medidas de adaptación con base en criterios de costo-beneficio y eficiencia técnica, y fortalecer la capacidad institucional y comunitaria para anticiparse y responder a los impactos del cambio climático. Asimismo, servirá como instrumento clave para articular políticas sectoriales en función del Plan Nacional de Desarrollo del Paraguay al 2030, movilizar cooperación internacional y cumplir con los compromisos climáticos asumidos por Paraguay a nivel global.

Quiero expresar un especial agradecimiento al Banco Interamericano de Desarrollo (BID), cuyo acompañamiento técnico y estratégico fue clave en el desarrollo conceptual, técnico y metodológico de este plan. Su participación en las discusiones conceptuales, el análisis técnico y el diseño de propuestas, junto con el respaldo financiero a través de cooperación técnica, ha sido fundamental para asegurar la solidez y pertinencia del plan.

Este esfuerzo ha sido posible gracias al trabajo coordinado entre instituciones públicas, sector privado, academia y cooperación internacional. A todos ellos, mi más sincero agradecimiento.

Invito a todos los actores del sector energético, así como a la ciudadanía en general, a asumir este compromiso colectivo. Adaptarnos al cambio climático no es solo una necesidad, sino una oportunidad para transformar nuestro modelo energético en uno más justo, resiliente y sostenible.

Mauricio Bejarano

Viceministro de Minas y Energía
República del Paraguay



RESUMEN EJECUTIVO

El Plan Nacional de Adaptación a la Vulnerabilidad de los Sistemas Hidroeléctricos: Sector Energía–Paraguay tiene como objetivo fortalecer la resiliencia del sector energético nacional frente a los impactos del cambio climático, con un enfoque específico en los sistemas hidroeléctricos de la cuenca del río Paraná. Este plan se enmarca en los compromisos del país con la acción climática y busca garantizar la seguridad energética a largo plazo mediante medidas estructurales, no estructurales y de gobernanza.

Los objetivos del plan incluyen aumentar la resiliencia del sector eléctrico nacional, proteger y restaurar los cauces hídricos en subcuencas prioritarias, y promover el uso de fuentes de energías alternativas a la hidroeléctrica en el sistema eléctrico, con énfasis en las comunidades vulnerables.

El estudio emplea una combinación de análisis multicriterio, modelación climática e hidrológica, y proyecciones de demanda energética. Se aplicaron herramientas como el modelo PHD (Perceptor Hierarchical Decision), el Flujo de Caja Descontado (FCD) y el Análisis Envolvente de Datos (DEA) para jerarquizar medidas de adaptación según su relación beneficio/costo y eficiencia técnica.

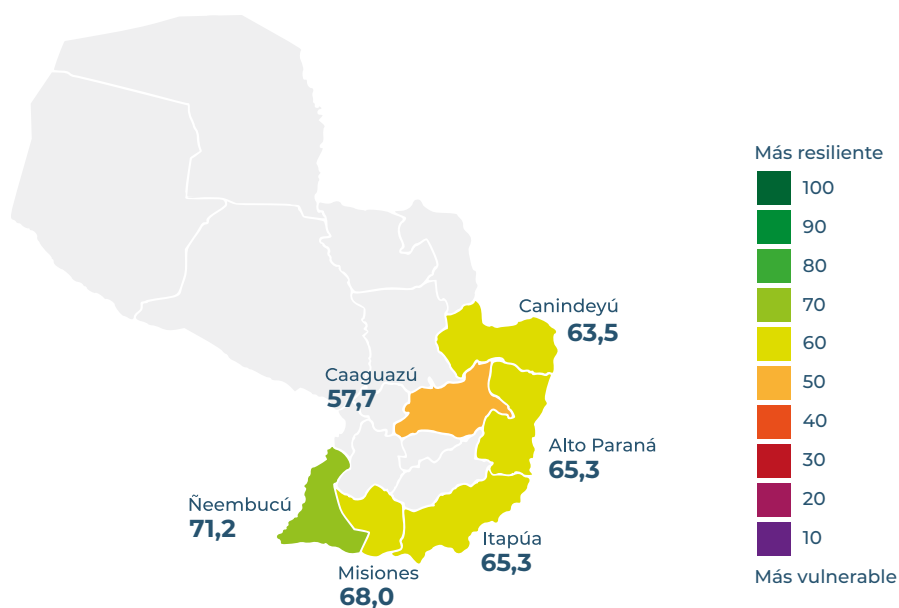
Se evaluaron 12 medidas de adaptación agrupadas en tres objetivos estratégicos: mejorar la provisión de energía en comunidades vulnerables, proteger los cauces hídricos, y promover fuentes alternativas de energía. Las medidas con mayor relación beneficio/costo incluyen la implementación de cocinas limpias, la reforestación de cuencas y la gestión de subcuencas hidrográficas. **Se identificaron diferencias significativas en la resiliencia de los departamentos de la cuenca del Paraná**, siendo Ñeembucú y Misiones los más resilientes, y Caaguazú el más vulnerable.

Esquema de elementos para el diseño del Plan Nacional de Adaptación a la Vulnerabilidad y al Cambio Climático: Sector Energía-Paraguay.



Fuente: Elaboración propia.

Mapa de vulnerabilidad y resiliencia de los departamentos de la cuenca del río Paraná.



Fuente: Elaboración propia.

Entre las fortalezas identificadas en el conjunto de estos Departamentos destacan el acceso generalizado a servicios básicos como electricidad, agua potable y educación primaria, así como tasas relativamente elevadas de ocupación laboral y niveles adecuados de información familiar. Sin embargo, las debilidades significativas incluyen altos índices de pobreza, deficiencias en infraestructura sanitaria, educativa y densidad demográfica, así como niveles considerables de desigualdad económica.

Estos resultados sugieren que las medidas de adaptación deben ser orientadas a los desafíos de cada Departamento, considerando de manera estratégica sus fortalezas y debilidades particulares.

El Plan de Adaptación propuesto establece objetivos, estrategias y medidas jerarquizadas, resultado del análisis de Beneficios y Costos de medidas contempladas en la Hoja de Ruta de Adaptación al 2030 correspondiente al PNACC vigente.

Se estructura en un objetivo general, **tres objetivos principales** y un **objetivo transversal**, respaldados por estrategias específicas, programas y medidas concretas:

Objetivos del Plan Nacional de Adaptación a la Vulnerabilidad de los sistemas hidroeléctricos Sector energía-Paraguay.



Fuente: Elaboración propia.

La propuesta final del Plan se organiza en **siete estrategias sectoriales** con **cuatro programas** y **doce medidas**. Además, **tres estrategias transversales** con sus **tres medidas** agrupadas en **un programa** relacionado con la creación de capacidades. Cada estrategia y programa se vincula a actores principales responsables de su ejecución, incluyendo instituciones gubernamentales, entidades binacionales, empresas y organizaciones de la sociedad civil. La colaboración entre estos actores es esencial para el éxito de la implementación.

Componentes del Plan Nacional de Adaptación a la Vulnerabilidad de los sistemas hidroeléctricos Sector energía-Paraguay.



Fuente: Elaboración propia.

El análisis estratégico del plan revela que las medidas de eficiencia energética, preservación de embalses y manejo de subcuencas son cruciales para la sostenibilidad del sector energético. La modernización de la infraestructura de transmisión y distribución es esencial para garantizar un suministro eléctrico estable y confiable. La capacitación y la transferencia de conocimiento son fundamentales para fortalecer la capacidad de adaptación del sector energético. La diversificación de la matriz energética mediante la promoción de fuentes de energías renovables en comunidades vulnerables es una estrategia clave para reducir la dependencia de la generación hidroeléctrica y mitigar los impactos del cambio climático.

Las implicancias políticas del plan incluyen la necesidad de fortalecer la infraestructura sanitaria y educativa en zonas vulnerables, promover la eficiencia energética y la diversificación de la matriz energética, implementar planes de gestión y restauración de cuencas hidrográficas, aumentar la inversión pública y privada en medidas de adaptación, y fomentar la participación comunitaria y la cooperación interinstitucional.

Las recomendaciones clave del plan incluyen la implementación de proyectos de eficiencia energética, la preservación de embalses y el manejo adecuado de las subcuencas nacionales, la modernización de la infraestructura de transmisión y distribución, la capacitación y la transferencia de conocimiento, y la promoción de fuentes de energías renovables en comunidades vulnerables.

El plan de adaptación propuesto se organiza en siete estrategias sectoriales con cuatro programas y doce medidas, además de tres estrategias transversales con sus respectivas medidas agrupadas en un programa relacionado con la creación de capacidades. Los objetivos del plan incluyen aumentar la resiliencia del sector eléctrico nacional, proteger y restaurar los cauces hídricos en subcuencas prioritarias, y promover el uso de fuentes de energías alternativas a la hidroeléctrica en el sistema eléctrico, con énfasis en las comunidades vulnerables. La gestión del conocimiento, la formación y la creación de capacidades son componentes transversales esenciales para la implementación efectiva del plan.

La implementación de este plan es esencial para mitigar los impactos sociales, ambientales y económicos a la seguridad energética. Las interrupciones en el suministro eléctrico pueden tener graves consecuencias para sectores clave como la industria, la agricultura y los servicios esenciales, afectando el bienestar de millones de personas en la región. Además, el Plan de Adaptación a la Vulnerabilidad de los sistemas hidroeléctricos es un componente clave para cumplir con los compromisos de Paraguay en materia de cambio climático.

En la región, varios países como Brasil y Uruguay ya han desarrollado e implementado Planes Nacionales de Adaptación que incluyen medidas específicas para el sector energético. El Plan de Adaptación se alinea a estos avances ya existentes, siguiendo las tendencias y prácticas establecidas por otros países. Por último, su implementación establece un precedente importante sirviendo como una guía para otros países y regiones que enfrentan desafíos similares, promoviendo la colaboración y el intercambio de mejores prácticas a nivel global.



INTRODUCCIÓN

El cambio climático se ha consolidado como uno de los mayores desafíos globales del siglo XXI, con impactos significativos en todos los sectores de la sociedad y la economía. En particular, el sector energético enfrenta vulnerabilidades críticas debido a su dependencia de recursos naturales como el agua. Los sistemas hidroeléctricos, que representan una proporción sustancial de la matriz energética en muchos países, están cada vez más amenazados por alteraciones en los patrones de precipitación, sequías prolongadas y eventos climáticos extremos¹.

Según el Banco Mundial (2016), existe una **alta correlación entre consumo energético per cápita y niveles de desarrollo**, lo que subraya la importancia de un suministro energético seguro, asequible y sostenible. Las interrupciones en el suministro de energía pueden tener un impacto negativo significativo en la productividad económica y la calidad de vida. Además, el acceso a la energía es crucial para la reducción de la pobreza y el desarrollo socioeconómico. Otro estudio reciente destaca la necesidad de **políticas energéticas que incrementen la resiliencia del sector eléctrico frente a los efectos del cambio climático**, recomendando la modernización de infraestructuras y la diversificación de fuentes de energía (Banco Mundial 2023).

¹ IPCC. (2014). Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC).

La cuenca del río Paraná, compartida por Brasil, Argentina y Paraguay, es una región clave tanto por su biodiversidad como por su contribución a la generación hidroeléctrica en Paraguay en la región, ya que alberga las principales represas de estos países. La variabilidad climática, incluyendo alteraciones en los patrones de precipitación, sequías prolongadas y eventos climáticos extremos, afecta directamente los caudales de los ríos y, por ende, la capacidad de generación hidroeléctrica. Estos fenómenos no solo impactan la producción de energía, sino que también generan desafíos adicionales, como el aumento de la demanda energética durante olas de calor y frío, y la necesidad de mantener la infraestructura energética frente a fenómenos extremos como vientos severos, tormentas eléctricas y precipitaciones intensas.

El sector energético en Paraguay es fundamental para el desarrollo económico y social del país, proporcionando la energía necesaria para diversas actividades humanas y productivas. **La matriz energética paraguaya se caracteriza por una alta dependencia de la generación hidroeléctrica,** que representa prácticamente el 100% de la generación eléctrica. Las represas hidroeléctricas en la cuenca del río Paraná, como Itaipú, Yacyretá y Acaray, abastecen de electricidad a Paraguay y también exportan su producción a países vecinos, contribuyendo a la estabilidad y seguridad energética regional. Sin embargo, **esta dependencia de los recursos hídricos hace que el sector energético sea particularmente vulnerable a las variaciones climáticas².**

La transición hacia un sistema energético resiliente y adaptado a los efectos adversos del cambio climático es una necesidad, dado el rol de la energía en el desarrollo económico y social. El presente estudio se centra en analizar los sistemas hidroeléctricos de Paraguay con un enfoque en la cuenca del río Paraná, ante escenarios de cambio climático post-2030.

Esta nota técnica presenta el **Plan Nacional de Adaptación a la Vulnerabilidad de los sistemas hidroeléctricos Sector energía-Paraguay** y los resultados de un análisis de **Beneficios y Costos** de diversas medidas de adaptación previstas en los planes vigentes. El objetivo es no solo identificar las estrategias más viables desde una perspectiva económica, social y ambiental, sino también proponer un plan de adaptación que fortalezca la resiliencia del sector energético y asegure la sostenibilidad de los recursos hídricos a largo plazo³. Este documento busca proporcionar un conocimiento integral que apoye la toma de decisiones informadas y fomente la implementación de soluciones sostenibles.

² Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADES). (2022). Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2022-2030.

³ Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (2016). Vulnerabilidad al cambio climático y medidas de adaptación de los sistemas hidroeléctricos en los países andinos.

Este material está estructurado en siete secciones.

El **primer capítulo** presenta la temática general y las tendencias global y local en términos de adaptación al cambio climático y el sector energético. Además, introduce datos clave de Modelación climática, hidrológica y de demanda energética de cara a los principales desafíos y vulnerabilidades del sector energético en Paraguay y los instrumentos de planificación vigentes en el marco nacional.

El **segundo capítulo** describe el contexto general de la cuenca del río Paraná, abarcando sus características físico-ambientales, económicas y sociales, que enmarcan las problemáticas analizadas.

En el **tercer capítulo**, se detalla la metodología empleada para el desarrollo del Plan Nacional de Adaptación a la Vulnerabilidad de los sistemas hidroeléctricos post-2030, el análisis de beneficios y costos que sustenta la jerarquización de las medidas de adaptación, y el diagnóstico de vulnerabilidad y resiliencia de los departamentos de la cuenca.

El **cuarto capítulo** presenta los resultados obtenidos, tanto para la jerarquización de las medidas de adaptación analizadas según el análisis de beneficios y costos como para el diagnóstico de vulnerabilidad y resiliencia por Departamento y recomendaciones relevantes para la toma de decisiones.

El **quinto capítulo** presenta la propuesta del plan de adaptación, con un enfoque en acciones estructurales y no estructurales diseñadas para optimizar la gestión de los recursos hídricos y fortalecer la infraestructura energética.

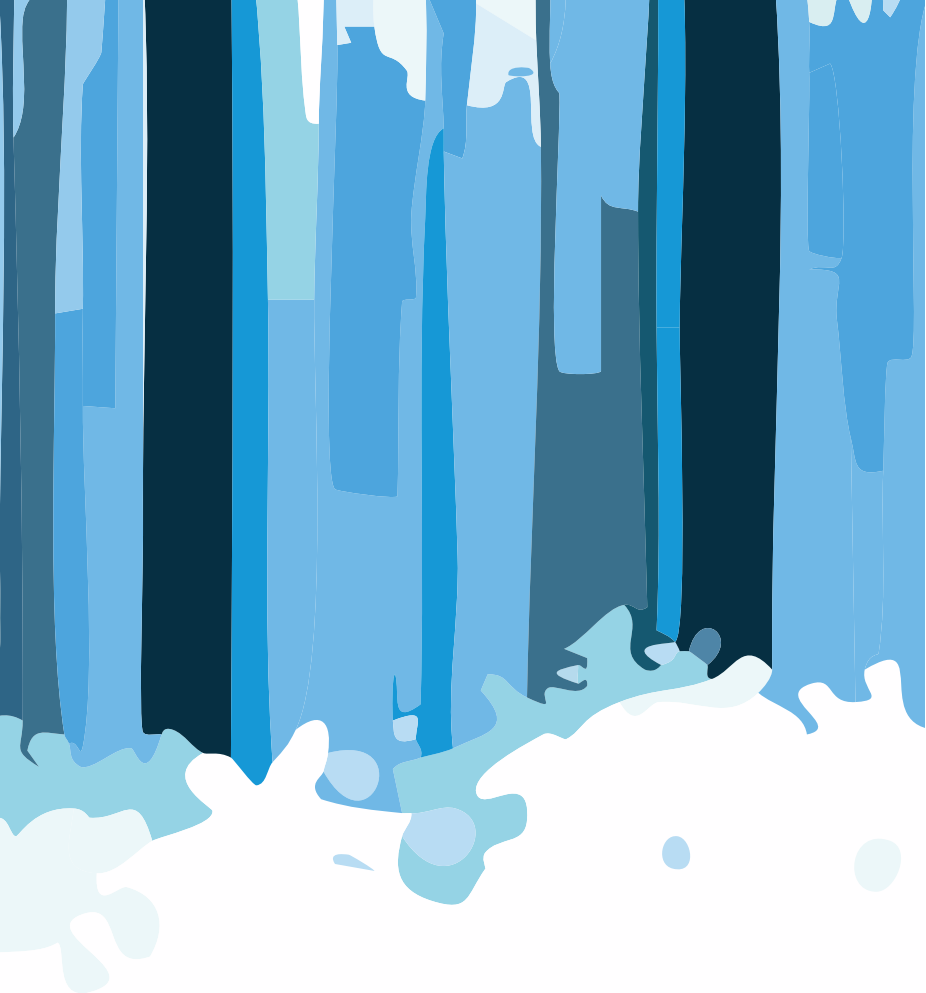
El **sexto capítulo** incluye un modelo de monitoreo y evaluación orientado a garantizar la implementación efectiva de las medidas propuestas. Este modelo incorpora indicadores clave que permiten un seguimiento continuo, asegurando la sostenibilidad y resiliencia del sistema hidroeléctrico ante futuros desafíos climáticos.

El documento finaliza presentando una síntesis de recomendaciones y consideraciones finales, proporcionando información valiosa para la toma de decisiones informadas y contribuyendo al desarrollo de políticas públicas y estrategias regionales que promuevan la seguridad energética y el bienestar socioeconómico en Paraguay.

Figura 1. Estructura de la nota técnica.



Fuente: Elaboración propia.



CAPÍTULO 1



ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO Y EL SECTOR ENERGÉTICO EN PARAGUAY

1.1. Tendencia Global

El cambio climático presenta desafíos importantes para el sector energético a nivel global. Según el IPCC⁴, la frecuencia e intensidad de eventos climáticos extremos, como huracanes, sequías e inundaciones, amenazan la infraestructura energética en diversas regiones.

Entre los desafíos más importantes se encuentran la vulnerabilidad de los sistemas hidroeléctricos ante la variabilidad de caudales y la necesidad de diversificar las fuentes de energía para garantizar la seguridad del suministro. En regiones dependientes de la generación hidroeléctrica, como América Latina, las sequías prolongadas han resultado en déficits significativos de generación eléctrica⁵.

Para enfrentar estos retos, en la actualidad se implementan estrategias de adaptación, incluyendo la modernización de infraestructuras y la adopción de tecnologías avanzadas que optimizan la gestión de recursos⁶. La planificación energética ahora incorpora sistemas de monitoreo climático y escenarios proyectados, mejorando la preparación ante los cambios esperados⁷.

Para mejorar la resiliencia, muchas naciones han diversificado sus matrices energéticas mediante el impulso de energías renovables como la solar y la eólica. Estas fuentes ayudan a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y ofrecen mayor estabilidad frente a la variabilidad climática. Por ejemplo, países como Chile y Alemania han alcanzado avances notables en la integración de energías renovables, demostrando la viabilidad de estos enfoques⁸.

4 IPCC. (2014). Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC).

5 Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) & Banco Mundial. (2023). Evaluación del Impacto del Cambio Climático en la Generación Eléctrica en los Países del Cono Sur.

6 La modernización de infraestructuras y la adopción de tecnologías avanzadas son estrategias clave de adaptación al cambio climático porque permiten a los sistemas energéticos ser más eficientes, resilientes y preparados para enfrentar los impactos climáticos.

7 Ministerio de Energía de Chile. (2018). Plan de Adaptación al Cambio Climático para el Sector Energía.

8 Véase nota pie de página número 18

La cooperación internacional es fundamental para enfrentar estos desafíos. Iniciativas como las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC) y los compromisos bajo el Acuerdo de París han promovido el intercambio de mejores prácticas y el acceso a financiamiento para proyectos sostenibles⁹.

1.2. Adaptación al Cambio Climático

La adaptación al cambio climático es esencial para ajustar los sistemas naturales y humanos en respuesta a los efectos actuales o esperados del cambio climático. Este proceso busca reducir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia frente a los impactos adversos.

El presente estudio toma Resiliencia como capacidad para resistir, absorber, adaptarse y recuperarse ante los impactos de los cambios, manteniendo sus funciones esenciales. En este sentido, puede considerarse como la capacidad de reducir la vulnerabilidad, que se refiere a la predisposición a ser afectado negativamente por dichos cambios.

Según criterios de la IPCC¹⁰, la Vulnerabilidad comprende una variedad de conceptos y elementos que incluyen la exposición al riesgo, la sensibilidad y la falta de capacidad de respuesta y adaptación.

Mientras que la mitigación al cambio climático se centra en la reducción de las emisiones de GEI, la adaptación tiene como objetivo gestionar los efectos del cambio climático, garantizando que las comunidades y los sistemas económicos puedan afrontar los nuevos desafíos. Ambas estrategias son complementarias y fundamentales para alcanzar un desarrollo sostenible y resiliente.

El Sexto Informe de Evaluación del IPCC (AR6) del 2023 enfatiza la compleja interacción entre el clima, los ecosistemas, la biodiversidad y las sociedades humanas. Estas relaciones son clave para comprender los riesgos y oportunidades que presenta el cambio climático.

⁹ Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADES). (2022). Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2022-2030.

¹⁰ IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático), Resumen para responsables de políticas, en Cambio Climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad (Quinto Informe de Evaluación – AR5), 2014.

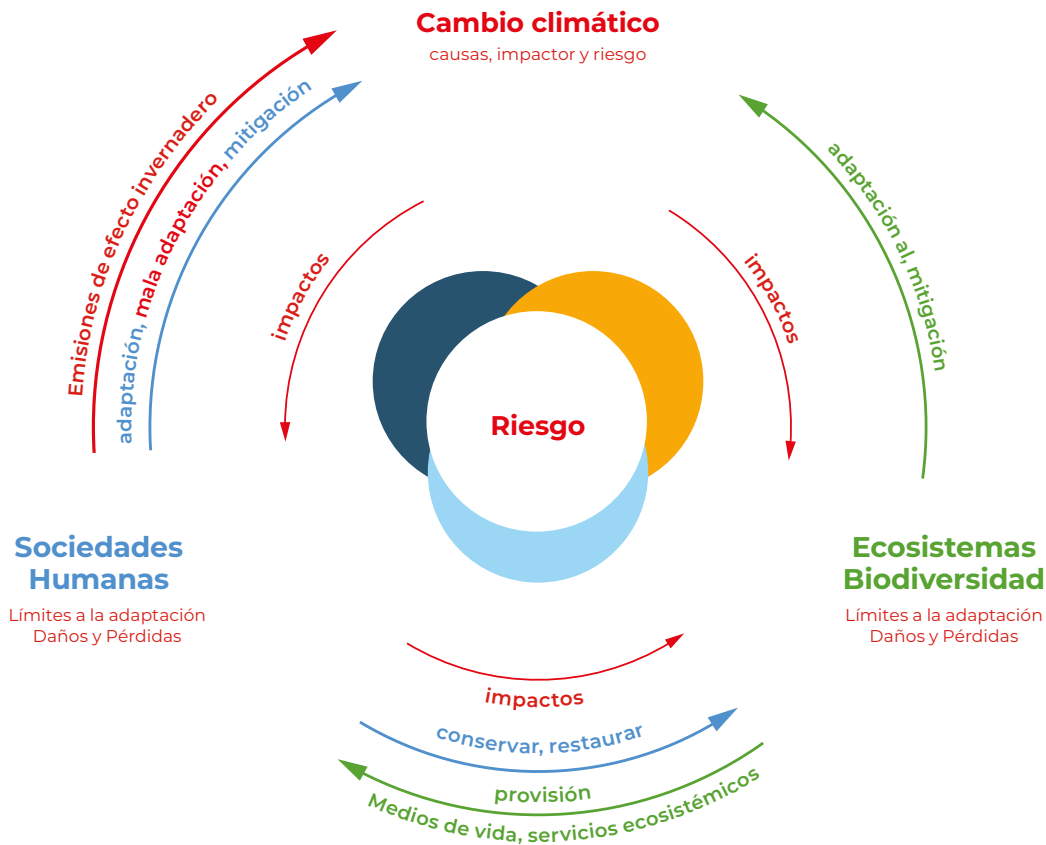
Figura 2. Composición de indicadores de Vulnerabilidad y Resiliencia.



Fuente: Elaboración propia.

La Figura 3 ilustra cómo los eventos climáticos, junto con la exposición y la vulnerabilidad de los sistemas, generan impactos que pueden superar la capacidad de adaptación, resultando en daños significativos tanto para las comunidades humanas como para los ecosistemas. En este contexto, las sociedades tienen la opción de adaptarse, mal adaptarse o implementar medidas de mitigación para enfrentar los desafíos del cambio climático.

Figura 3. Adaptación del marco conceptual del Riesgo según el IPCC (2022), en la que se destaca la interacción que existe entre los eventos climáticos, los procesos de desarrollo y la exposición de los sistemas ante el cambio climático



La hélice de riesgos muestra que los mismos emergen de la superposición de:

- ◆ Peligro climático
- ◆ Vulnerabilidad
- ◆ Exposición

Fuente: PNACC 2022-2030 adaptando el Sexto Informe del IPCC del GTII.

1.3. Sectores Prioritarios para la Adaptación en Paraguay

Según el actual Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) 2022-2030 de Paraguay, las medidas de adaptación se centran en siete sectores prioritarios:

- Comunidades y ciudades resilientes
- Salud y epidemiología
- Ecosistemas y biodiversidad
- Energía
- Producción agropecuaria, forestal y seguridad alimentaria
- Recursos hídricos
- Transporte

El sector energético es fundamental en el desarrollo económico y social de Paraguay, siendo uno de los mayores exportadores de energía hidroeléctrica del mundo. La estabilidad y sostenibilidad del sector son vitales para la economía nacional.

La vulnerabilidad del sector energético en Paraguay se concentra en la cuenca del río Paraná, donde se encuentran importantes represas hidroeléctricas como Itaipú, Yacyretá y Acaray. Este estudio de Vulnerabilidad y Resiliencia al cambio climático de los sistemas hidroeléctricos en Paraguay y sus medidas de adaptación, analiza esta vulnerabilidad a través de **dos escenarios socioeconómicos**:

Escenario SSP2-4.5: Escenario de emisiones intermedias donde las emisiones de CO₂ se estabilizan hasta 2050 y luego disminuyen, alcanzando cero emisiones netas en 2100.

Escenario SSP5-8.5: Escenario de emisiones muy altas donde las emisiones de CO₂ se triplican hacia 2075, representando un escenario pesimista de "business as usual".

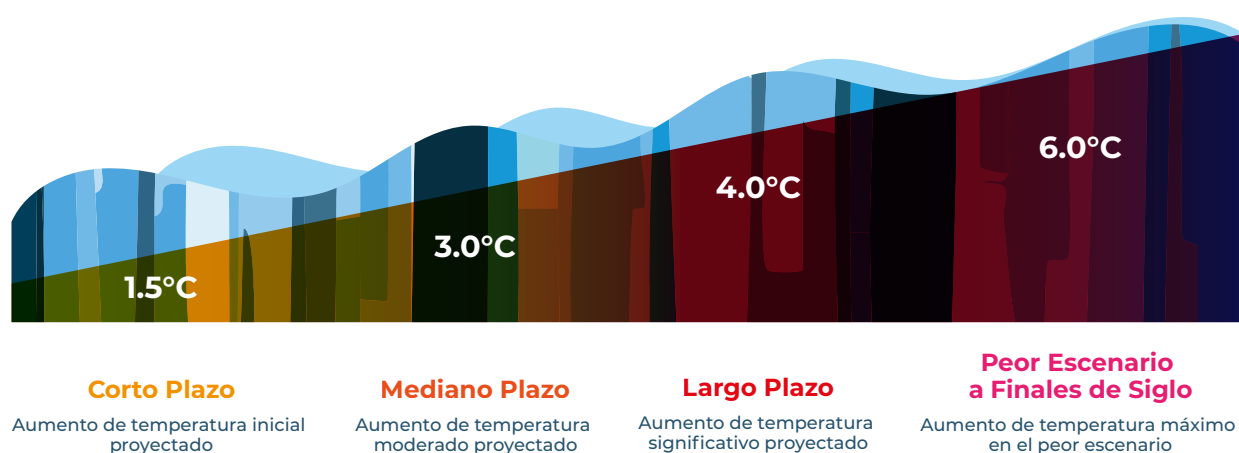
A continuación, se detallan las **principales vulnerabilidades y los resultados obtenidos de la modelación climática, hidrológica, de proyección de la demanda de energía eléctrica y de la modelización del sistema eléctrico**¹¹.

¹¹ BID. (2024). *Informes de Modelación Climática, Hidrológica y Proyección de la Demanda Eléctrica en la cuenca del río Paraná: Vulnerabilidad al cambio climático y medidas de adaptación de sistemas hidroeléctricos en Paraguay* [Informes técnicos mimeografiados].

1. 4. Proyecciones de Temperatura y Precipitación en la Cuenca del río Paraná– Modelación Climática e Hidrológica

Las proyecciones climáticas para la cuenca del río Paraná muestran incrementos de temperatura media de +1,0°C a +1,5°C a corto plazo, +2,0°C a +3,0°C a mediano plazo y de +2,5°C a +4,0°C a largo plazo. La temperatura máxima absoluta podría alcanzar valores de hasta +6,0°C a finales de siglo en el peor de los escenarios.

Figura 4. Proyecciones de temperatura y precipitación en la cuenca del río Paraná según la modelación climática.



Fuente: Elaboración propia.

El número de días extremadamente cálidos podría duplicarse en el corto plazo, triplicarse en el mediano plazo y cuadruplicarse en el largo plazo, alcanzando hasta 160 días al año en el peor de los escenarios. Esto representa hasta el 45% de los días en un año.

En cuanto a los días muy húmedos, se proyecta un incremento de 2 días a corto plazo, 6 días a medio plazo, y 6 días a largo plazo. Los días extremadamente húmedos también aumentarían en 2 días a corto plazo, 6 días a medio plazo, y 6 días a largo plazo.

Para el escenario SSP5-8.5, los incrementos son aún más pronunciados. La precipitación media anual podría aumentar en 197 mm a corto plazo (2026-2055), 617 mm a medio plazo (2056-2085), y 1001 mm a largo plazo (2071-2100). La precipitación máxima diaria podría incrementarse en 28 mm a corto plazo, 81 mm a medio plazo, y 115 mm a largo plazo. El número de días de lluvia aumentaría en 6 días a corto plazo, 15 días a medio plazo, y 22 días a largo plazo.

Tabla 1. Resultados de los índices climáticos relativos a la temperatura en la Modelación Climática, Hidrológica y Proyección de la Demanda Energética en la cuenca del río Paraná.

Índice Climático	Periodo de Referencia (1981-2010)	Proyección Climática	Futuro Corto Plazo Horizonte 2040	Futuro Medio Plazo Horizonte 2070	Futuro Largo Plazo Horizonte 2100
Temperatura Media	21,7°C	SSP2-4.5	+1,0°C	+2,0°C	+2,3°C
		SSP5.8.5	+1,3°C	+3,0°C	+3,9°C
Temperatura máxima absoluta	38,1°C	SSP2-4.5	+1,6°C	+3,0°C	+3,4°C
		SSP5.8.5	+2,0°C	+4,3°C	+5,7°C
Temperatura mínima absoluta	-0,7°C	SSP2-4.5	+0,7°C	+1,4°C	+1,6°C
		SSP5.8.5	+0,8°C	+2,0°C	+3,0°C
Número medio anual de días cálidos	36 días (32,6°C)	SSP2-4.5	+29 días	+58 días	+68 días
		SSP5.8.5	+37 días	+94 días	+125 días

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a los días muy húmedos, se proyecta un incremento de 2 días a corto plazo, 8 días a medio plazo, y 13 días a largo plazo. Los días extremadamente húmedos también aumentarían en 2 días a corto plazo, 8 días a medio plazo, y 13 días a largo plazo.

Tabla 2. Resultados de los índices climáticos relativos a la precipitación en la Modelación Climática, Hidrológica y Proyección de la Demanda Energética en la cuenca del río Paraná.

Índice climático	Periodo de referencia (1981-2010)	Proyección climática	Futuro corto plazo Horizonte 2040	Futuro medio plazo Horizonte 2070	Futuro largo plazo Horizonte 2100
Precipitación media anual	1440 mm	SSP2-4.5	+139 mm	+439 mm	+465 mm
		SSP5.8.5	+197 mm	+617 mm	+1001 mm
Precipitación máxima diaria	173 mm	SSP2-4.5	+23 mm	+52 mm	+58 mm
		SSP5.8.5	+28 mm	+81 mm	+115 mm
Número medio anual de días de lluvia	133 días	SSP2-4.5	+3 días	+12 días	+11 días
		SSP5.8.5	+6 días	+15 días	+22 días
Número medio anual de días muy húmedos	7-8 días (29 mm)	SSP2-4.5	+2 días	+6 días	+6 días
		SSP5.8.5	+2 días	+8 días	+13 días
Número medio anual de días extremadamente húmedos	1-2 días (61 mm)	SSP2-4.5	+1 día	+2 días	+2 días
		SSP5.8.5	+1 día	+3 días	+5 días

Por otro lado, en la Cuarta Comunicación de Paraguay sobre el cambio climático (MADES, 2023)¹², se muestran las proyecciones de temperatura para Paraguay, destacando un aumento significativo en las temperaturas medias anuales. La temperatura media inicial considerada para iniciar el estudio es de 23,53°C durante el periodo de referencia 1961-2005.

12 Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADES). (2023). Cuarta Comunicación Nacional de Paraguay ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).

Según este estudio, se espera que las temperaturas medias aumenten bajo el escenario RCP4.5 de la siguiente manera: para el futuro cercano (2021-2040), entre 1,20°C y 3,89°C; para el futuro medio (2041-2060), entre 1,69°C y 4,56°C; y para el futuro lejano (2081-2100), entre 2,50°C y 4,00°C. Para el escenario RCP8.5, las proyecciones indican: para el futuro cercano (2021-2040), entre 1,50°C y 3,00°C; para el futuro medio (2041-2060), entre 2,00°C y 4,00°C; y para el futuro lejano (2081-2100), entre 3,10°C y 6,14°C.

En el estudio general de proyecciones de precipitación para Paraguay, se destaca un aumento significativo en la precipitación media anual. La precipitación media inicial considerada para iniciar el estudio es de 1130 mm/año durante el periodo de referencia 1961-2005. Según este estudio, se espera que la precipitación media anual aumente bajo el escenario RCP4.5 de la siguiente manera: para el futuro cercano (2021-2040), entre 5% y 10%; para el futuro medio (2041-2060), entre 10% y 20%; y para el futuro lejano (2081-2100), entre 15% y 25%. Para el escenario RCP8.5, las proyecciones indican: para el futuro cercano (2021-2040), entre 10% y 15%; para el futuro medio (2041-2060), entre 15% y 25%; y para el futuro lejano (2081-2100), entre 20% y 35%.

Comparando estos resultados con el estudio específico de la cuenca del río Paraná¹³, se observa que las tendencias de aumento de temperatura son consistentes a nivel nacional y regional.

1.5. Proyección de la Demanda de Energía Eléctrica para Paraguay

Los resultados de la proyección de la demanda de energía eléctrica en Paraguay¹⁴ muestran un aumento significativo en el consumo de energía eléctrica y potencia máxima en los próximos años. Se espera que la demanda de energía eléctrica crezca de manera constante, impulsada por factores como el crecimiento económico, el aumento de la población y la expansión de la infraestructura.

En el estudio se analizaron **4 escenarios de demanda de energía**, con crecimiento anual de demanda entre 3,27% hasta 5,45%, y corregidos por escenarios de temperatura SSP2-4,5 y SSP2-8,5.

- Para el escenario tendencial SSP2-4.5 se proyecta que la demanda de energía eléctrica alcanzará 26,745 GWh en 2030, y hasta 83,454 GWh en 2070.
- En el escenario optimista SSP2-4.5, la demanda de energía eléctrica podría alcanzar 36,932 GWh en 2030, y 226,150 GWh en 2070. La potencia máxima también aumentará en línea con la demanda de energía, con incrementos significativos en todos los escenarios.

¹³ BID (2024) *Informes de Modelación Climática e Hidrológica de la cuenca del río Paraná: Vulnerabilidad al cambio climático y medidas de adaptación de sistemas hidroeléctricos en Paraguay* [Informes técnicos mimeografiados].

¹⁴ BID (2023) *Informe de Proyección de la Demanda Eléctrica en la cuenca del río Paraná: Vulnerabilidad al cambio climático y medidas de adaptación de sistemas hidroeléctricos en Paraguay* [Informe técnico mimeografiado].

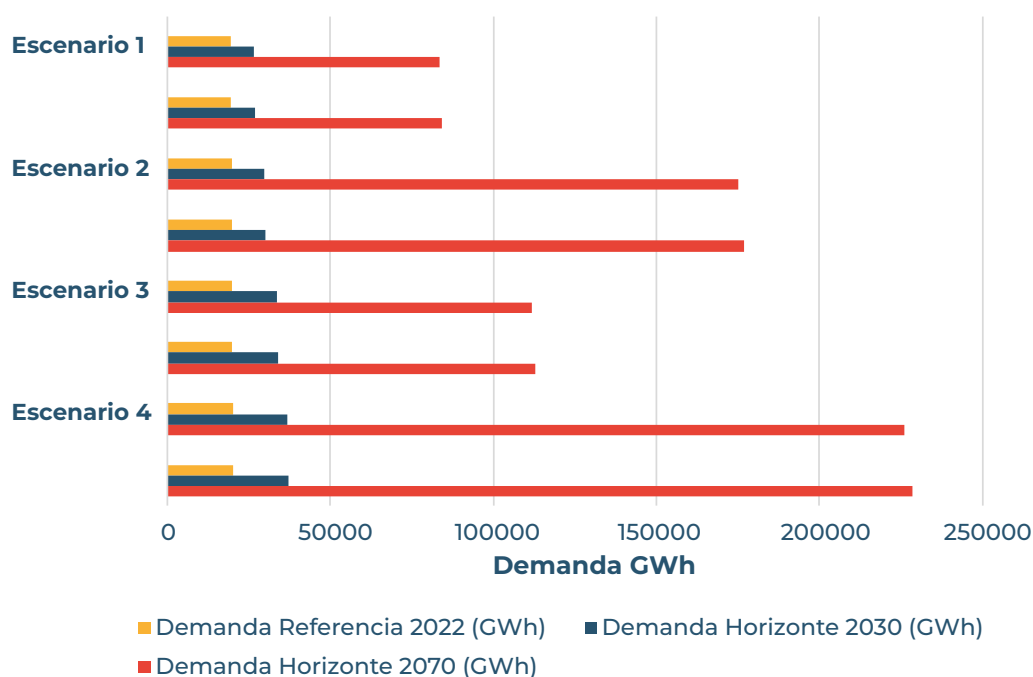
- En el escenario tendencial SSP5-8.5 se proyecta que la demanda de energía eléctrica alcanzará 26,833 GWh en 2030, y 84,335 GWh en 2070.
- En comparación, el escenario pesimista SSP5-8.5 proyecta que la demanda de energía eléctrica alcanzará 36,932 GWh en 2030, y 226,150 GWh en 2070.

Los resultados obtenidos muestran que, independientemente del escenario, se espera un aumento significativo en la demanda de energía eléctrica y potencia máxima en Paraguay.

Tabla 3. Demanda de energía eléctrica en escenarios climáticos analizados para horizontes 2030 y 2070 en la Modelación Climática, Hidrológica y Proyección de la Demanda Energética en la cuenca del río Paraná.

Escenarios	% Anual Crecimiento Demanda	Escenario climático	Total Demanda Referencia 2022 (GWh)	Total Demanda Horizonte 2030 (GWh)	Total Demanda Horizonte 2070 (GWh)
Escenario 1	3,27%	SSP2-4,5	19.645	26.745	83.454
		SSP5-8,5	19.645	26.833	84.335
Escenario 2	4,90%	SSP2-4,5	19.977	29.865	175.122
		SSP5-8,5	19.977	29.965	177.055
Escenario 3	3,87%	SSP2-4,5	19.816	33.768	111.949
		SSP5-8,5	19.816	33.864	113.065
Escenario 4	5,45%	SSP2-4,5	20.130	36.932	226.150
		SSP5-8,5	20.130	37.040	228.589

Figura 5. Gráfico de demanda de energía eléctrica en escenarios climáticos analizados para horizontes 2030 y 2070.



Fuente: Elaboración propia.

1.6. Vulnerabilidades del Sector Energético en Paraguay

El sector energético paraguayo enfrenta diversas vulnerabilidades debido al cambio climático, las cuales se manifiestan en diferentes aspectos del sistema energético. Según datos del Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible de Paraguay (MADES), la mayor parte de la producción primaria de energía en el Paraguay proviene de la generación hidroeléctrica¹⁵.

El aumento de la temperatura media y la mayor frecuencia de olas de calor representan una amenaza significativa. Las altas temperaturas pueden incrementar la demanda de energía para refrigeración, lo que puede llevar a picos de consumo que estresan el sistema eléctrico. El análisis histórico de la demanda eléctrica en relación con la temperatura muestra una relación lineal, donde cada aumento de 1°C en la temperatura resulta en un incremento del 1.99% en la demanda eléctrica. Las líneas de transmisión también se ven afectadas, ya que su capacidad de transporte disminuye con el aumento de la temperatura, lo que puede resultar en sobrecargas y fallos en el suministro.

Las variaciones en las precipitaciones, en especial durante periodos de sequía más intensos y prolongados, afectan directamente la capacidad de generación hidroeléctrica¹⁶, la principal fuente de energía eléctrica en Paraguay. Las sequías reducen el caudal de los ríos y, por ende, la capacidad de las represas para generar electricidad. Datos recientes de Itaipú Binacional, muestran que la producción de energía en 2022 fue un 20,04% menor que en 2023 debido a la reducción del caudal de los ríos, y afectó directamente la capacidad de las turbinas para operar a plena capacidad¹⁷. Por otro lado, **las precipitaciones extremas pueden causar inundaciones que afecten las infraestructuras críticas como plantas de generación, subestaciones, líneas de transmisión, y líneas de distribución, pudiendo interrumpir el suministro de energía.**

El crecimiento económico y demográfico de Paraguay proyecta un aumento significativo en la demanda de energía eléctrica del 3,27% al 5,45%, de acuerdo al escenario. Este incremento en la demanda requiere inversiones sustanciales en infraestructura de generación, transmisión y distribución para evitar sobrecargas y garantizar un suministro confiable. La capacidad de generación y transmisión debe incrementarse para satisfacer los picos de demanda, especialmente durante eventos climáticos extremos, lo que implica un desafío adicional en términos de planificación y financiamiento.

15 Ver nota pie de página 14

16 En febrero de 2022, el río Paraná registró un caudal promedio de 6.600 m³/s, el más bajo en 120 años, afectando la producción energética de la Central Hidroeléctrica Yacyretá. Agencia de Información Paraguaya (IP). (2022, marzo 4). Río Paraná reportó su menor caudal en 120 años.

17 ITAIPU Binacional, *Memoria Anual 2023* (ITAIPU Binacional, 2023)

Figura 6. Diagrama vulnerabilidades del sector energético en Paraguay.

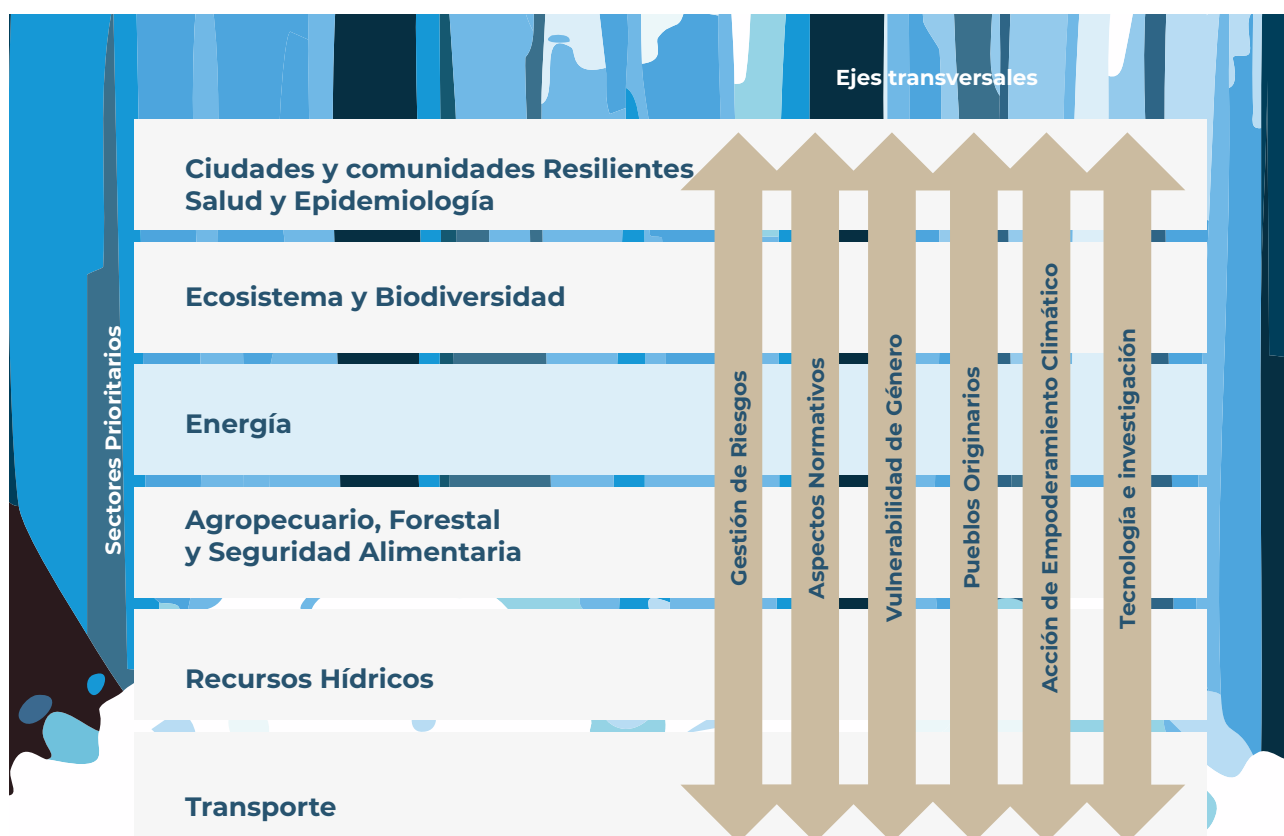
Fuente: Elaboración propia.

1.7. El Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) 2022-2030 de Paraguay

El Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) 2022-2030, es un instrumento complementario de planificación que busca promover la acción coordinada de los distintos actores para hacer frente a los efectos del cambio climático en el país, facilitando la integración de la adaptación, de manera coherente en políticas, programas y proyectos en los sectores relevantes y en los niveles requeridos en el plano nacional. Adicionalmente, la Hoja de Ruta de Adaptación al 2030¹⁸ complementa dicho plan con medidas a corto, mediano y largo plazo con enfoque desde “abajo para arriba”.

18 DNCC/MADES (2023). Hoja de Ruta de Adaptación al 2030. Asunción, Paraguay. 62 p.

Figura 7. Ejes transversales y sectores prioritarios del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático PNACC 2022-2030.



Fuente: Adaptado de DNCC/MADES (2023). Hoja de Ruta de Adaptación al 2030. Asunción, Paraguay.

El PNACC 2020-2030 detalla los siguientes objetivos de adaptación para el sector de energía:

Objetivo 12–Aumentar la resiliencia en las comunidades vulnerables a través de una mejor provisión de energía eléctrica.

Objetivo 13–Proteger y restaurar los cauces hídricos en subcuencas prioritarias para la generación de energía hidroeléctrica.

Objetivo 14–Generar y promover el uso de fuentes de energías alternativas a la hidroeléctrica en comunidades vulnerables.

La implementación de un Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático en el sector energético es crucial para abordar las vulnerabilidades. Este plan debe incluir medidas específicas para proteger infraestructuras críticas, promover la diversificación de la matriz energética e integrar fuentes renovables, asegurando un suministro energético resiliente y sostenible.

1.8. El Plan Nacional de Adaptación a la Vulnerabilidad de los sistemas hidroeléctricos: Sector Energía–Paraguay

El **Plan Nacional de Adaptación a la Vulnerabilidad de los sistemas hidroeléctricos: Sector Energía–Paraguay** es un instrumento de planificación que busca proponer una serie de medidas de adaptación para los sistemas energéticos en la cuenca del río Paraná en escenarios de cambio climático post 2030.

Este instrumento considera escenarios de expansión de la generación¹⁹, con los efectos en la demanda de electricidad y la oferta de hidroelectricidad, basándose en la proyección de variables climáticas e hidrológicas como el aumento de temperaturas y la variabilidad de caudales de ríos.

El plan Incluye acciones estructurales y no estructurales diseñadas para mejorar la resiliencia de las centrales hidroeléctricas y optimizar la gestión de recursos hídricos. Además, propone un modelo de programa de monitoreo considerando variables climáticas y de impacto ambiental, social y económico. Se organiza en objetivos, estrategias, programas con sus respectivas medidas validadas y vinculadas a actores clave.

Figura 8. Estructura del Plan Nacional de Adaptación a la Vulnerabilidad de los sistemas Hidroeléctricos: Sector Energía–Paraguay.



Fuente: Elaboración propia.

¹⁹ Sin y con la consideración de efectos de dos escenarios de cambio climático y de cuatro escenarios de demanda del sistema eléctrico. Ver Proyección de la demanda energética para Paraguay

Su importancia radica en su papel para mitigar los impactos sociales, ambientales y económicos a la seguridad energética. Las interrupciones en el suministro eléctrico pueden tener graves consecuencias para sectores clave como la industria, la agricultura y los servicios esenciales, afectando el bienestar de millones de personas en la región.

Además, el **Plan de Adaptación a la Vulnerabilidad de los sistemas hidroeléctricos** es un componente clave para cumplir con los compromisos de Paraguay en materia de cambio climático²⁰.

En la región, varios países como Brasil²¹ y Uruguay²² ya han desarrollado e implementado Planes Nacionales de Adaptación que incluyen medidas específicas para el sector energético. El Plan de Adaptación se alinea a estos avances ya existentes, siguiendo las tendencias y prácticas establecidas por otros países.

Por último, su implementación establece un precedente importante sirviendo como una guía para otros países y regiones que enfrentan desafíos similares, promoviendo la colaboración y el intercambio de mejores prácticas a nivel global.

20 Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) (1993), Acuerdo de París (2016), Protocolo de Kioto (1999), Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CNULD) (1996), Convención sobre la Diversidad Biológica (CDB) (1993),

21 Brasil. Ministério do Meio Ambiente. (2016). Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima: Volume I–Estratégia Geral. Brasília: Ministério do Meio Ambiente.

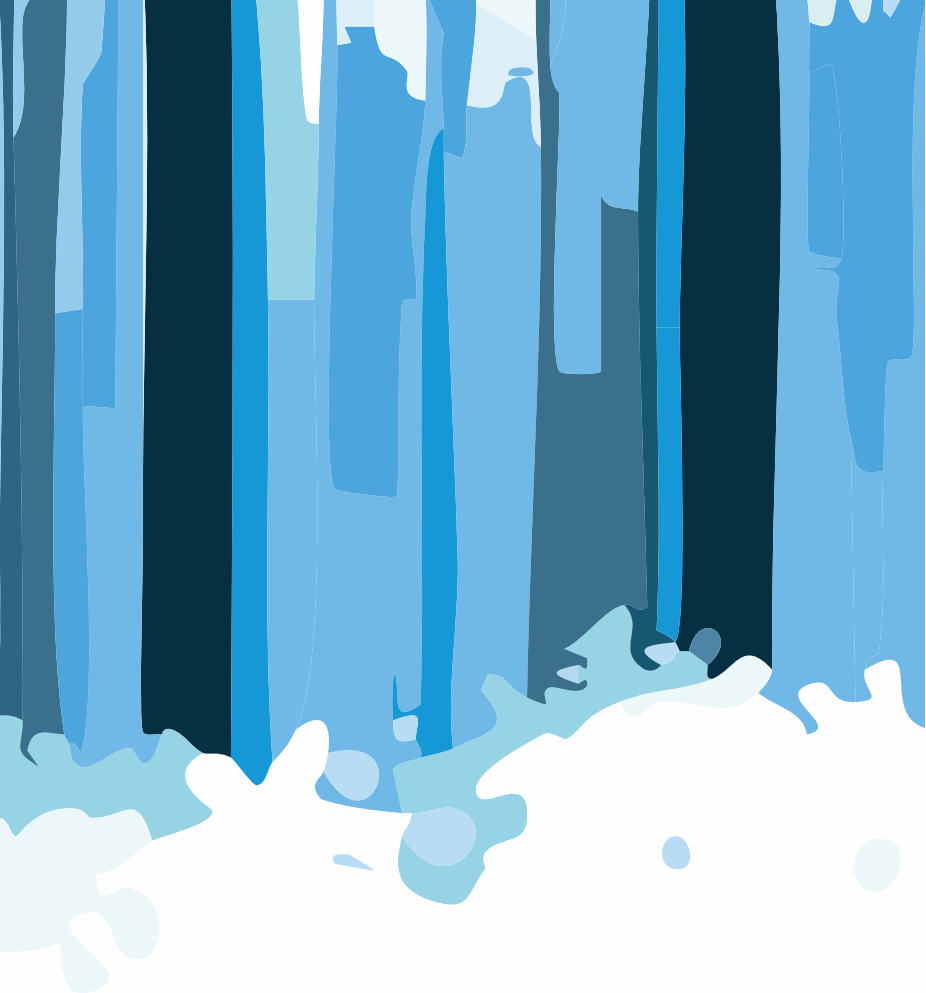
22 Ministerio de Ambiente de Uruguay. (2024). Plan Nacional de Adaptación a la Variabilidad y al Cambio Climático–Sector Energía (NAP-E).

1.9. Alineación de las medidas con el PNACC y la Hoja de Ruta 2030

Las medidas de adaptación incluidas en este Plan Nacional de Adaptación a la Vulnerabilidad de los Sistemas Hidroeléctricos: Sector Energía – Paraguay han sido seleccionadas y priorizadas principalmente a partir de los instrumentos de política existentes, en particular el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) 2022-2030 y su Hoja de Ruta de Adaptación al 2030. En este sentido, la mayoría de propuestas del plan corresponden a medidas ya contempladas en dichos instrumentos, las cuales han sido validadas y ajustadas en función de los resultados del análisis de vulnerabilidad, resiliencia y costo-beneficio realizado en el marco de este estudio.

En los casos en que se proponen medidas nuevas o complementarias, estas han surgido a partir de procesos participativos con actores clave del sector energético y ambiental, y buscan responder a brechas identificadas en la implementación de los instrumentos existentes. Para cada medida, se identifican tanto los actores principales involucrados como los responsables operativos sugeridos para su implementación, con el objetivo de facilitar la articulación interinstitucional y la asignación clara de responsabilidades.

Finalmente, para mayor transparencia, en el anexo correspondiente se indica la fuente de cada medida, especificando si proviene del PNACC, la Hoja de Ruta 2030, otros planes sectoriales, o si corresponde a una propuesta nueva validada en el proceso de elaboración de este Plan.



CAPÍTULO 2



EL CONTEXTO DE LA CUENCA DEL RÍO PARANÁ

2.1. **Perspectiva General**

La cuenca del río Paraná tiene una superficie de aproximadamente 2.582.672 km² y es una de las más importantes de América del Sur, abarcando territorios de Brasil, Paraguay y Argentina. En Paraguay, la región comprendida por los Departamentos de Caaguazú, Canindeyú, Itapúa, Alto Paraná, Misiones y Ñeembucú forman parte de esta cuenca y desempeña un papel crucial en la generación hidroeléctrica, gracias a sus características físicas, sociales y económicas.

Además de las centrales hidroeléctricas existentes, hay varios proyectos en la cuenca del río Paraná que buscan aumentar la capacidad de generación hidroeléctrica mediante la construcción de nuevas centrales y la modernización de las existentes. Entre estos proyectos se encuentran Aña Cuá de la Entidad Binacional Yacyretá, que está actualmente en desarrollo, y la represa Acaray, que se encuentra en proceso de modernización. También están en análisis las represas Itatí-Itacorá y Corpus Christi por la Comisión Mixta argentino-paraguaya del río Paraná (COMIP).

2.2. Perspectiva Físico Ambiental

Figura 10. Fotografía Salto del Monday.



Fuente: Grandi, D. (n.d.). Breathtaking aerial panoramic view of Saltos del Monday waterfall in Paraguay

El área de estudio se caracteriza por una diversidad de ecosistemas, como bosques subtropicales, humedales y planicies. Estos ecosistemas proporcionan hábitats para una gran variedad de especies de flora y fauna, y desempeñan un papel crucial en la regulación del clima y la conservación del suelo.

El clima subtropical húmedo, con precipitaciones anuales que varían entre 1.500 y 1.800mm, concentradas en verano²³, es fundamental para mantener los ecosistemas acuáticos y terrestres, así como para la agricultura y la generación hidroeléctrica.

Los suelos fértiles, favorecen actividades agrícolas intensivas, aunque la deforestación y prácticas agrícolas intensivas no sostenibles han causado erosión y degradación de los mismos²⁴. La expansión de la frontera agrícola y la urbanización descontrolada han puesto en riesgo a varias especies y ecosistemas.

²³ Dirección de Meteorología e Hidrología. (2023). *Anuario climatológico*. DMH Paraguay.

²⁴ Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2022). *Plan de Acción Nacional de Lucha contra la Desertificación y Sequía*. MADES.

2.3. Perspectiva Económica

Figura 11. Fotografía Agricultura Paraguaya de la soja.



Fuente: Grandi, D. (n.d.). Soja en Paraguay, cultivos de soja como commodities agrícolas.

La cuenca del río Paraná sustenta una amplia gama de actividades económicas, incluyendo agricultura, ganadería, industria y turismo. Los Departamentos mencionados son líderes en la producción de diversos cultivos y ganadería.

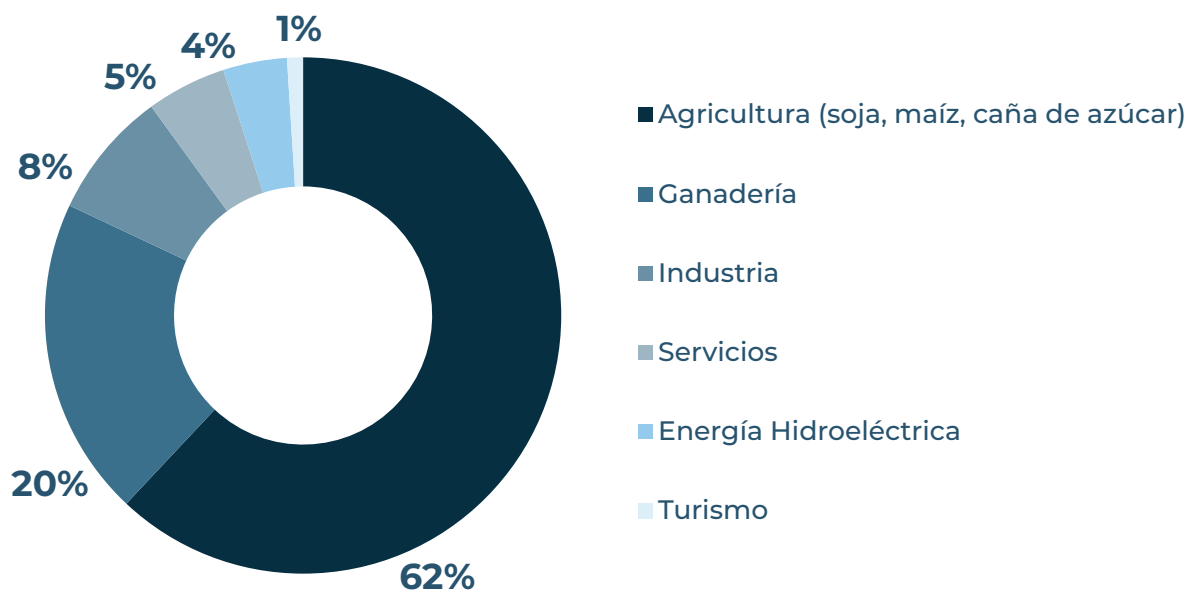
Caaguazú, por ejemplo, es líder en la producción de banano (82% de la producción nacional, 2020), mientras que Canindeyú se destaca como el tercer mayor productor de soja con el 18,1% de la superficie nacional sembrada (zafra 2018/2019) ²⁵. Por su parte, Itapúa lidera la producción de girasoles y es el segundo productor de trigo y soja, aportando más del 25% de la producción total de este último cultivo.

Alto Paraná, en tanto, contribuye con el 50% de la producción nacional de maíz y el 26,8% de la soja, siendo el principal productor a nivel nacional. Además, los Departamentos de Misiones y Ñeembucú aportan conjuntamente el 7,2% del hato nacional de ganado vacuno, consolidándose como zonas relevantes para la ganadería²⁶. Esta actividad económica depende en gran medida de las condiciones climáticas y de la disponibilidad de recursos hídricos, factores que varían considerablemente con los eventos climáticos extremos.

²⁵ Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). *Anuario Estadístico Agropecuario 2020*. Asunción, Paraguay: MAG, 2020.

²⁶ MADES, Informe de Producción Agrícola 2022.

Figura 12. Gráfico de Porcentaje de participación por actividad económica en el conjunto de los 6 departamentos de la cuenca del río Paraná.



Fuente: Elaboración propia en base a datos del Instituto Nacional de Estadística (INE 2022).

La generación hidroeléctrica es una actividad económica clave en la región, con represas como Itaipú y Yacyretá, que abastecen cerca del 100% de la electricidad consumida en Paraguay y generan ingresos significativos a través de la exportación de excedentes a Brasil y Argentina.

En el caso de Itaipú, el 89,5% de la energía generada fue destinada a Brasil en 2023, mientras que Paraguay utilizó el 10,5%²⁷. Por su parte, Yacyretá produjo 19.329 GWh en 2022, de los cuales el 89,6% fue exportado a Argentina y el 10,4% utilizado localmente²⁸. Estas represas representan una fuente estratégica de energía limpia y son fundamentales para la economía nacional debido a los ingresos provenientes de los tratados de exportación.

El sector industrial ha experimentado un crecimiento en los últimos años, especialmente en Alto Paraná e Itapúa, donde se han instalado maquiladoras y empresas agroindustriales. En Itapúa, la industria representa el 15,5% de las empresas activas, destacándose la agroindustria²⁹ como uno de los sectores con mayor crecimiento.

27 Itaipú Binacional. (2023). *Informe Anual 2023*. <https://www.itaipu.gov.br>

28 Entidad Binacional Yacyretá. *Reporte Energético 2022*. <https://www.eby.gov.py>

29 Se define la agroindustria como el conjunto de actividades económicas que transforman materias primas de origen agrícola, pecuario y forestal en productos con mayor valor agregado. Este sector incluye procesos como el procesamiento de granos, la producción de alimentos procesados, la elaboración de biocombustibles y la transformación de productos forestales.

Además, el turismo también representa una fuente de ingresos, aprovechando los atractivos naturales y culturales como las Reducciones Jesuíticas en Itapúa, que recibieron más de 15.000 visitantes en 2022³⁰, y el turismo de naturaleza en Ñeembucú, que explora su biodiversidad y humedales.

El corredor logístico de la exportación Natalio–Los Cedrales, que conecta los Departamentos de Itapúa y Alto Paraná, ha jugado un papel crucial para el desarrollo. Este corredor facilita el transporte de productos agrícolas e industriales, mejorando la competitividad de las empresas y generando empleo en sectores como transporte, logística y comercio. Además, mejora la conectividad y facilita el acceso a los destinos turísticos de los Departamentos, incrementando el número de visitantes y apoyando la economía local.

Figura 13. Misiones Jesuíticas de Trinidad.



Fuente: Grandi, D. (n.d.). Jesuit church ruins by drone, Trinidad, Paraguay.

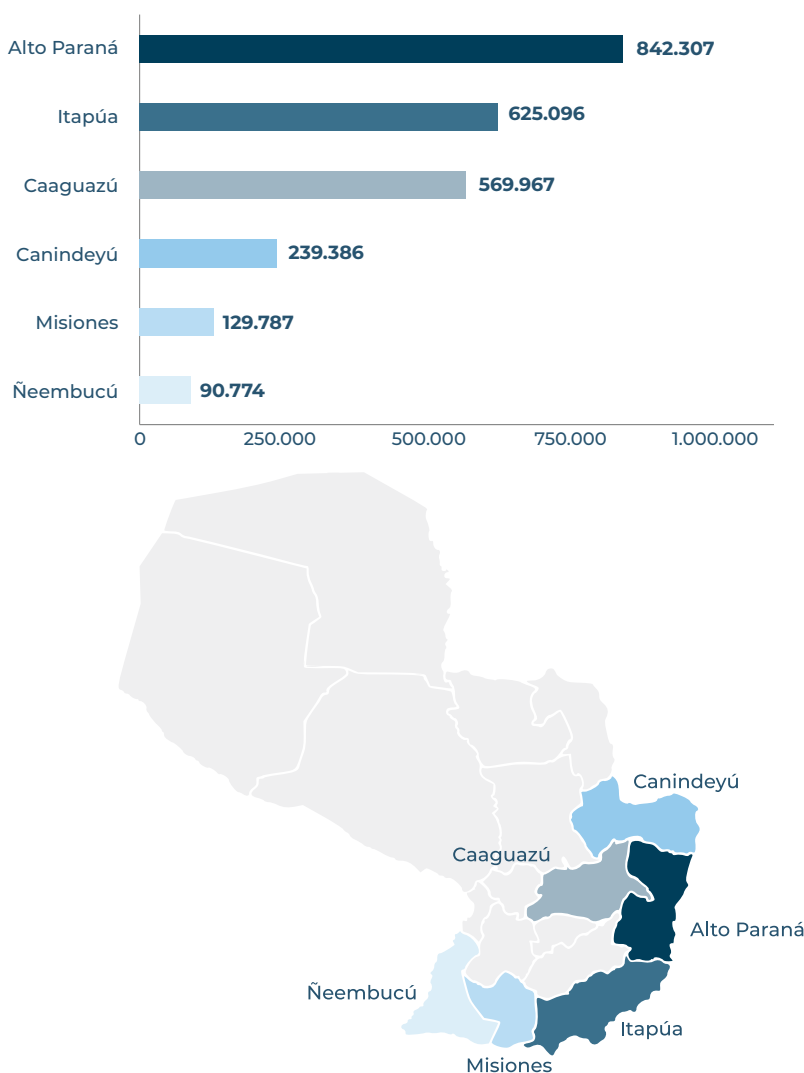
2. 4. Perspectiva Social

Los Departamentos de Caaguazú, Canindeyú, Itapúa, Alto Paraná, Misiones y Ñeembucú enfrentan desafíos significativos en cuanto al acceso a servicios básicos y la equidad social, pero también presentan oportunidades para el desarrollo sostenible y la mejora de la calidad de vida de sus habitantes.

30 Secretaría Nacional de Turismo (SENATUR). *Estadísticas de Turismo 2022. Paraguay*

La población total estimada de los seis Departamentos de la cuenca del río Paraná en Paraguay para 2023 es de casi 2,5 millones de habitantes, lo que corresponde a más del 40% de la población paraguaya, según los datos del Instituto Nacional de Estadística (INE). Las cantidades por Departamento son las siguientes:

Figura 14. Cantidad de habitantes por Departamento de la cuenca del río Paraná.



Fuente: Elaboración propia en base a datos del Instituto Nacional de Estadística (INE 2023).

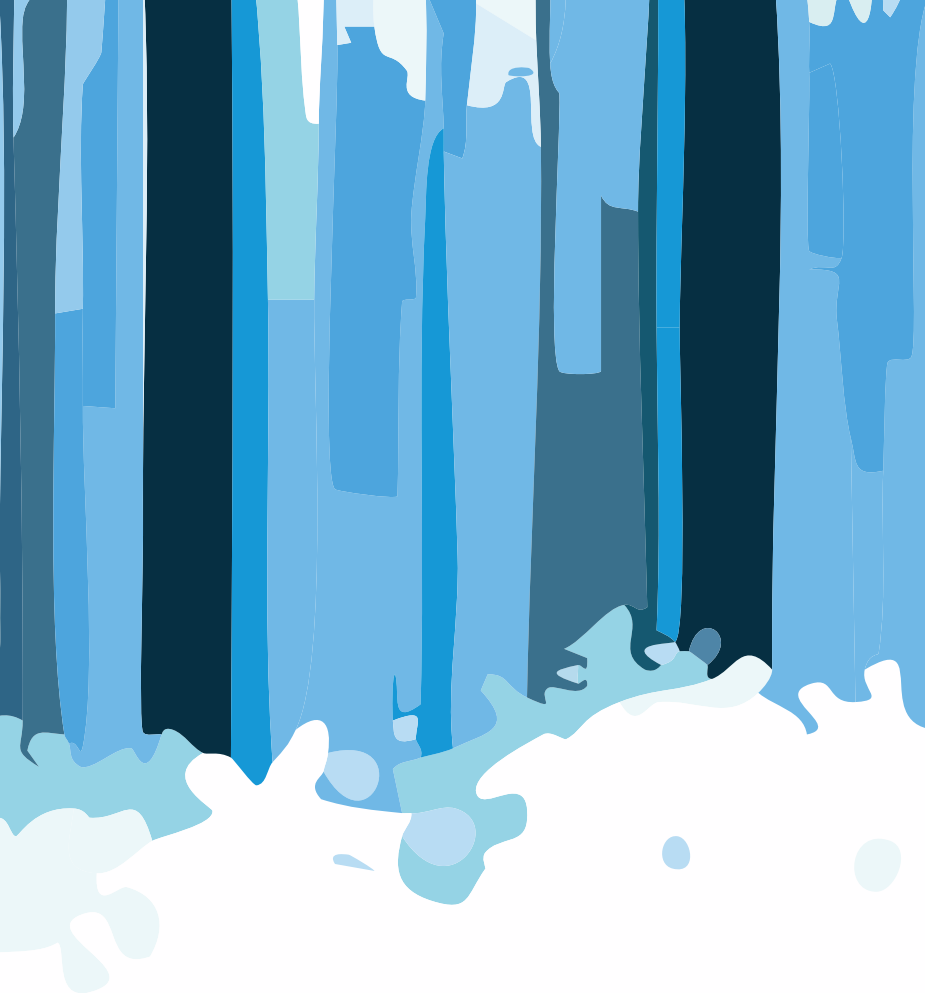
La densidad poblacional varía entre departamentos, con áreas urbanas en crecimiento y zonas rurales donde las comunidades dependen principalmente de la agricultura y la ganadería. Aunque ha habido mejoras en el acceso a servicios básicos como agua potable, electricidad y educación, persisten desafíos en cuanto a la cobertura y calidad de estos servicios, especialmente en zonas rurales³¹. Por ejemplo, el acceso a servicios de salud es más alto en Alto Paraná (75%) y más bajo en Canindeyú (60%). La matrícula en educación primaria es más alta en Itapúa (90%) y más baja en Canindeyú (80%).

31 Instituto Nacional de Estadística (INE). (2022). Encuesta Permanente de Hogares 2022.

La pobreza y la desigualdad siguen siendo problemas importantes en la región. La pobreza extrema es más alta en Canindeyú (18,3%) y más baja en Misiones (9,8%), mientras que la pobreza total varía desde el 35,7% en Canindeyú hasta el 22,4% en Misiones. La migración interna y la urbanización descontrolada han generado presión sobre los servicios urbanos, afectando la cohesión social en algunas áreas.

La participación comunitaria y la organización social son aspectos relevantes en la región. Existen diversas asociaciones y cooperativas que promueven el desarrollo local y la gestión sostenible de los recursos naturales. Estas organizaciones desempeñan un papel crucial en la implementación de proyectos de adaptación al cambio climático y en la promoción de prácticas agrícolas y de producción sostenibles.

A pesar de los avances, persisten desafíos significativos en la región. La falta de acceso a servicios de salud de calidad y la educación limitada son barreras que afectan el desarrollo social y económico de las comunidades. Además, la migración interna y la urbanización descontrolada han generado presión sobre los servicios urbanos y han afectado la cohesión social en algunas áreas.



CAPÍTULO **3**



METODOLOGÍA

3.1. Síntesis Metodológica

El proceso metodológico para el desarrollo del plan incluye como insumos principales datos de modelación climática e hidrológica, junto con proyecciones de demanda energética post-2030³² y una evaluación de beneficios y costos de las medidas de adaptación vigente.

La metodología sigue una secuencia de pasos para asegurar coherencia en los supuestos y consistencia en los resultados. Además, utiliza talleres participativos y entrevistas con actores clave como instituciones gubernamentales, empresas hidroeléctricas y expertos en energía, cambio climático, entre otros. Esto permite recopilar información clave sobre la vulnerabilidad de las infraestructuras y los sistemas de gestión y validar los métodos y resultados para cada etapa del proceso.

El desarrollo está enmarcado en la Política Nacional de Cambio Climático, tomando como base el *Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático-PNACC 2022-2030* y su subsiguiente *Hoja de Ruta al 2030*. Evalúa cada una de las medidas relevantes para el sector de energía según una metodología robusta de múltiples variables para proponer finalmente una serie de medidas estratégicas.

La metodología incluye el uso de modelos como el *Perceptor Hierarchical Decision Model* (MPHD1 y MPHD2), el *Flujo de Caja Descontado* (FCD) y el *Análisis Envolvente de Datos* (DEA). Estos modelos permiten evaluar y jerarquizar las medidas de adaptación en función de su relación beneficio/costo y su eficiencia técnica.

El resultado del estudio es una lista jerarquizada que incluye medidas de adaptación estructurales, medidas de gestión y políticas de gobernanza para garantizar la sostenibilidad de la generación hidroeléctrica y del recurso hídrico.

³² Ver resultados de la Modelación Climática, Hidrológica y Proyección de la Demanda Energética pág. 30

El estudio propone lineamientos para un programa de monitoreo que incluye la recopilación y tratamiento de datos, la participación comunitaria y la colaboración con entidades de investigación y órganos de gobierno. Este programa establece indicadores cuantitativos y cualitativos basados en variables climáticas y de impacto ambiental, social y económico, permitiendo evaluar la efectividad de las medidas de adaptación implementadas y realizar ajustes según sea necesario.

Es importante mencionar que la metodología utilizada en este estudio presenta ciertas limitaciones. La escasez de información específica impide la aplicación directa de métodos usuales como el Flujo de Caja Descontado (FCD), por lo que se opta por combinar técnicas y métodos de evaluación económica y análisis de decisiones multicriterio.

Además, se considera que la dependencia de información cualitativa y la experiencia de expertos puede introducir sesgos y limitaciones en la precisión de los resultados. La incertidumbre en los modelos³³ de previsión y estimación es una limitación inherente, especialmente en entornos con información escasa o incompleta.

Figura 15. Esquema de elementos para el diseño del Plan Nacional de Adaptación a la Vulnerabilidad de los sistemas Hidroeléctricos: Sector Energía-Paraguay.



Fuente: Elaboración propia.

3.2. Análisis de Beneficios y Costos

El ejercicio de evaluación de beneficios y costos tiene como objetivo principal analizar y jerarquizar las medidas de adaptación al cambio climático en el sector energético, definidas en la Hoja de Ruta 2030 y en la NDC actualizada de Paraguay³⁴. Este análisis permite identificar las medidas más efectivas y eficientes en términos de beneficios económicos, sociales y ambientales, comparados con sus costos.

La finalidad es proporcionar una base sólida para la toma de decisiones y la implementación de políticas públicas que aumenten la resiliencia del sector energético frente a los impactos del cambio climático.

La metodología presenta cuatro fases generales, destacando la necesidad de una etapa intermedia para optimizar los resultados.

Figura 16. Fases del análisis de Beneficios y Costos de las medidas para el Plan de Adaptación.



Fuente: Elaboración propia.

Fase 1: Preparatoria

Revisión de información secundaria y diseño de formatos para entrevistas y encuestas a actores clave, validación de los instrumentos en talleres y reuniones con actores clave.

Fase 2: Recolección de Datos

Talleres participativos, entrevistas y aplicación de encuestas, recopilación de datos, validación de metodologías y herramientas, producción de información primaria.

Fase 3-Intermedia: Reconocimiento de Patrones

Reconocimiento de patrones comunes, clasificación en clústeres de beneficios³⁵, elaboración de manuales de orientación para el llenado de formularios y evaluación de beneficios.

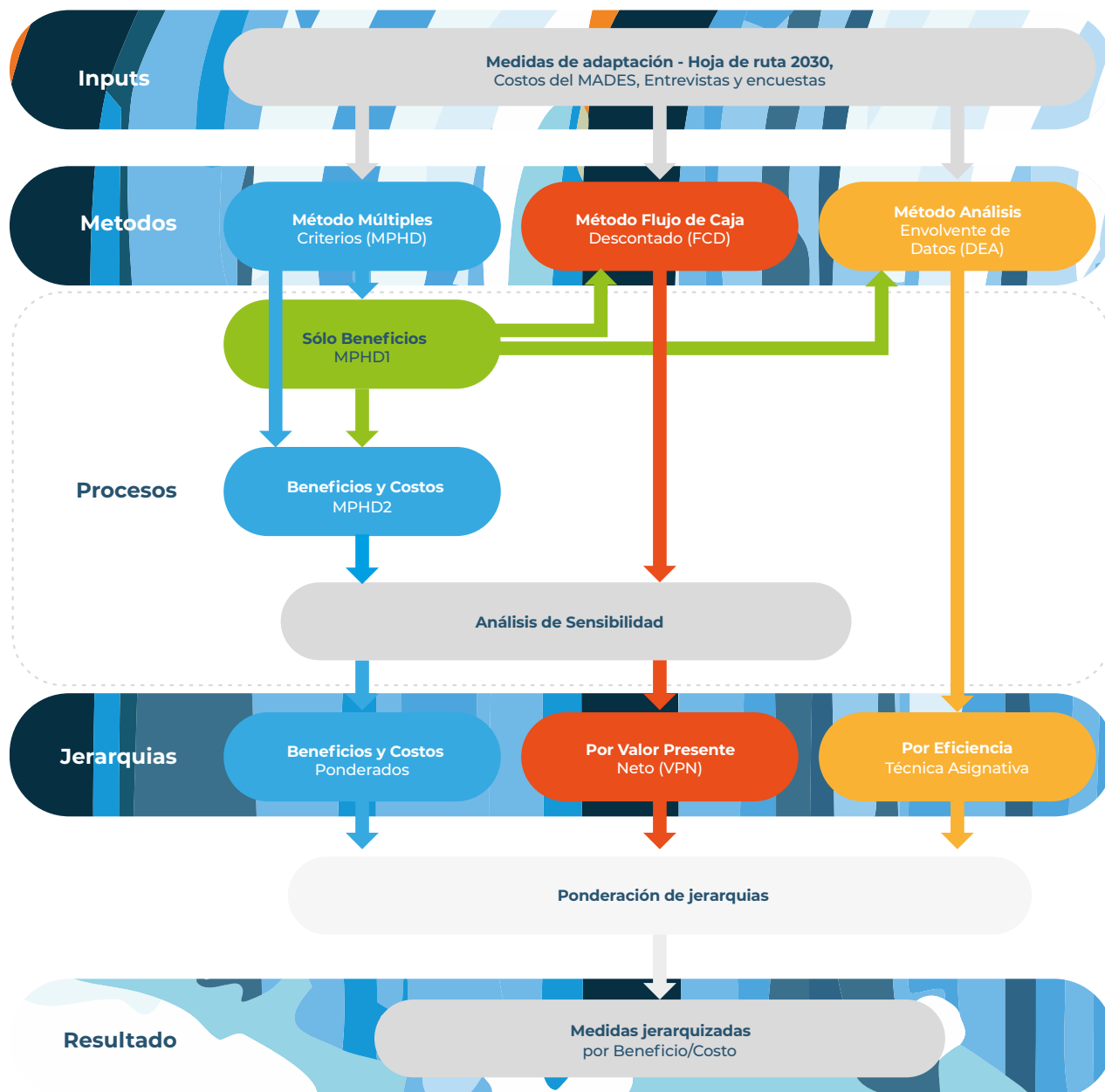
³⁴ Actualización de la Contribución Nacionalmente Determinada (NDC por sus siglas en inglés) de Paraguay-MADES 2021

³⁵ Clústeres de beneficios: Grupos o categorías de beneficios que comparten características comunes, identificados mediante el análisis de patrones en los datos recopilados. Estos clústeres permiten una clasificación sistemática para facilitar la evaluación y comparación de los beneficios.

Fase 4: Organización de Datos y Análisis de Beneficios y Costos

Procesamiento y análisis integral de los datos recopilados, tabulación de encuestas y diseño de formatos para análisis, contraste con información secundaria, validación de pesos y parámetros de los modelos, compatibilización de costos referenciales³⁶.

Figura 17. Flujos del Análisis de Beneficios y Costos de las Medidas para el Plan de Adaptación.



Fuente: Elaboración propia.

³⁶ Datos proveídos por el Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible-Paraguay (MADES)

Evaluación de Beneficios: El estudio propone una metodología de reconocimiento de patrones para clasificar los beneficios económicos, sociales y ambientales de las medidas de adaptación.

Mediante minería de datos³⁷, reuniones técnicas y entrevistas con actores clave, se crean *nubes de beneficios* que identifican y agrupan patrones comunes entre proyectos y medidas. Aunque estas nubes no abarcan todas las combinaciones posibles, estandarizan la categorización de beneficios.

Para evaluar los beneficios, se desarrollan cuestionarios cualitativos destinados a actores locales clave³⁸. Estos cuestionarios, acompañados de manuales explicativos, permiten recopilar datos específicos para el análisis costo-beneficio. Las respuestas se analizan con escalas semánticas³⁹ luego convertidas a valores numéricos, observando **desvíos estándar y sesgos**⁴⁰ en las respuestas.

Evaluación de Costos: Para este análisis se utilizan como referencia los costos del sector energético detallados en un estudio del Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible de Paraguay (MADES)⁴¹.

Este ejercicio es un insumo clave para priorizar medidas de adaptación, pero no pretende ser una estimación detallada de presupuestos específicos. El enfoque se centra en comprender las magnitudes de las medidas para el país, ofreciendo una solución integral con cierto margen de imprecisión, mitigable mediante análisis de sensibilidad.

Los **costos**, al igual que los **beneficios**, se basan en datos no monetarios, como listas de precios y encuestas, reflejando la falta de elementos suficientes para una previsión precisa.

37 Proceso que implica descubrir patrones, relaciones y tendencias ocultas en grandes conjuntos de datos utilizando algoritmos avanzados, aprendizaje automático y herramientas especializadas. Su objetivo principal es *extraer conocimiento útil* que no es inmediatamente evidente.

38 Autoridades y especialistas de: Administración Nacional de Electricidad (ANDE), Sistema Estadístico Nacional (SISEN), Instituto Nacional de Estadísticas de Paraguay (INE), Secretaría Técnica de Planificación (STP), Agencia Financiera de Desarrollo (AFD), Ministerio de Desarrollo Social (MDS), Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible-Paraguay (MADES).

39 Una escala semántica es una herramienta estadística utilizada para medir percepciones, actitudes u opiniones de individuos sobre un tema determinado. Es útil para cuantificar aspectos cualitativos, ya que es capaz de traducir percepciones subjetivas en datos medibles, convirtiendo conceptos abstractos en valores organizados dentro de un rango.

40 El desvío estándar es una medida estadística que indica cuánto se dispersan o se desvían los valores de un conjunto de datos respecto a su media. En una encuesta, por ejemplo, permite observar el ruido, es decir, el grado de desconocimiento o incertidumbre de los interrogados, mientras que los sesgos en el promedio representan diferencias en la interpretación de las cuestiones. Así que, justamente para disminuir la posibilidad de ocurrencia de estos factores fueron elaborados manuales descriptivos y rangos de evaluación específicos para cada una de las medidas estratégicas.

41 Banco Mundial (2023), Estudio para Costear los Objetivos de Adaptación de la NDC Actualizada de Paraguay.

Para adaptar los costos a la escala de beneficios y abordar la falta de información, se implementa un modelo *ad hoc* basado en la combinación de tres métodos complementarios⁴² como graficado en la Figura 17:

Método Múltiples Criterios (MPHD)	Método Flujo de Caja Descontado (FCD)	Método Análisis Envolvente de Datos (DEA)
Perceptor Hierarchical Decision (PHD) ⁴³ en adelante MPHD, a cargo de convertir las notas obtenidas en los cuestionarios realizados en procesos participativos con especialistas y actores clave, a una escala de beneficios como insumo para los siguientes modelos, y de entregar un orden de medidas basada en la relación Beneficio/Costo Ponderada (BCP).	Flujo de Caja Descontado (FCD) es un método de evaluación de inversiones que toma el valor del dinero sobre el tiempo en consideración y busca conocer el Valor Presente Neto (VPN).	Análisis Envolvente de Datos (DEA, por las siglas en inglés) desarrollado con la hipótesis de Retornos Constantes a Escala (CRS) que indica la Eficiencia Técnica Asignativa entre beneficios y costos.

3. 2. 1. Análisis de Sensibilidad

Este análisis se realiza para evaluar la robustez de los resultados de un modelo ante posibles variaciones en sus parámetros clave, como los pesos asignados a diferentes criterios de decisión. En el contexto del análisis de beneficios y costos, esta herramienta permite comprobar si los resultados y la jerarquización de las medidas de adaptación se mantienen estables cuando se modifican, dentro de ciertos rangos, las ponderaciones asignadas a los beneficios ambientales, sociales y económicos.

Dado que muchas de las variables utilizadas provienen de datos cualitativos y juicios expertos, se aplica un análisis de sensibilidad para verificar que las decisiones derivadas del modelo no dependan excesivamente de supuestos específicos, y que el modelo sea suficientemente confiable como base para priorizar las medidas en un contexto de alta incertidumbre, como el de la adaptación al cambio climático.

3. 2. 2. Clasificación General

La **calificación general** de las medidas de adaptación analizadas es resultante de una combinación lineal por pesos, según la Ecuación 1. En tal composición de resultados se atribuyó mayor importancia a los modelos FCD (40%), MPHD2 (35%), DEA (20%) y MPHD1 (5%), respectivamente.

42 Ver en Anexo desarrollo de modelos y métodos.

43 A CONTRIBUTION TO THE MULTIPLE CRITERIA DECISION MODELS–PERCEPTOR HIERARCHICAL DECISION (PHD)Ferreira, Fernando Cesar. (2016).

Ecuación 1

$$R = G_1^m \times p_1 + G_2^m \times p_2 + VPN^m \times p_3 + E^m \times p_4$$

Donde:

R es el resultado que define el orden (ranking)

G es el resultado de los modelos PHD

VPN significa el resultado del Modelo de FCD

E es la eficiencia medida en el modelo DEA

p representa el peso atribuido a los diferentes modelos ($p_1=0,05$), ($p_2=0,35$), ($p_3=0,40$) y ($p_4=0,20$)

m es la medida de adaptación considerada.

La lógica detrás de la asignación de pesos se explica a continuación:

FCD (40%): El modelo de Flujo de Caja Descontado (FCD) se considera crucial porque evalúa la viabilidad económica a largo plazo de las medidas, tomando en cuenta los beneficios y costos futuros descontados a valor presente. Este modelo tiene el mayor peso debido a su capacidad para reflejar la rentabilidad y sostenibilidad financiera de las medidas.

MPHD2 (35%): Este modelo pondera los beneficios y costos de manera equilibrada, proporcionando una visión integral de la relación beneficio/costo. Su peso significativo refleja la importancia de evaluar tanto los beneficios como los costos en la toma de decisiones.

DEA (20%): El modelo de Análisis Envolvente de Datos (DEA) mide la eficiencia técnica de las medidas, comparando la relación entre insumos y productos. Su peso moderado destaca la relevancia de la eficiencia en la implementación de las medidas.

MPHD1 (5%): Este modelo se enfoca en los beneficios sin considerar los costos, proporcionando una perspectiva adicional sobre el impacto positivo de las medidas. Su menor peso refleja que, aunque importante, la evaluación de beneficios por sí sola no es suficiente para la toma de decisiones.

La integración ponderada de estos enfoques permite una evaluación más robusta, multidimensional y como resultado, una jerarquización de las medidas de adaptación en 3 niveles de relevancia: alto, medio y bajo.

3.3. Diagnóstico de Vulnerabilidad y Resiliencia

El objetivo de este diagnóstico es brindar elementos adicionales para el análisis de las medidas de adaptación del Plan, permitiendo conocer con más detalle los Departamentos de Paraguay que pertenecen a la cuenca del río Paraná. Se presenta un **índice de vulnerabilidad y resiliencia** para cada uno de estos departamentos. Este diagnóstico sirve de base para la propuesta de un plan de monitoreo de la Hoja de Ruta del PNACC post 2030.

3.3.1. Indicadores y Subindicadores Utilizados

La selección de los indicadores y subindicadores se basa en aspectos que pueden pertenecer simultáneamente a las dimensiones económica, social y ambiental. Sin embargo, se asignan técnicamente a la dimensión más pertinente sin comprometer los objetivos del modelo y manteniendo coherencia con el enfoque del estudio.

Este estudio toma como base la definición de vulnerabilidad y resiliencia según criterios el IPCC⁴⁴ y define cada indicador y subindicador a partir de bibliografía⁴⁵ referente al cambio climático y sus impactos sobre los biomas y organizaciones sociales; así también considerando la disponibilidad de datos y su relevancia en el contexto de análisis, asegurando que el modelo refleje con precisión la realidad de las comunidades evaluadas.

Para la **exposición al riesgo**, se priorizan aspectos estructurales como infraestructura, acceso a servicios básicos y densidad poblacional, ya que influyen directamente en la vulnerabilidad física ante amenazas.

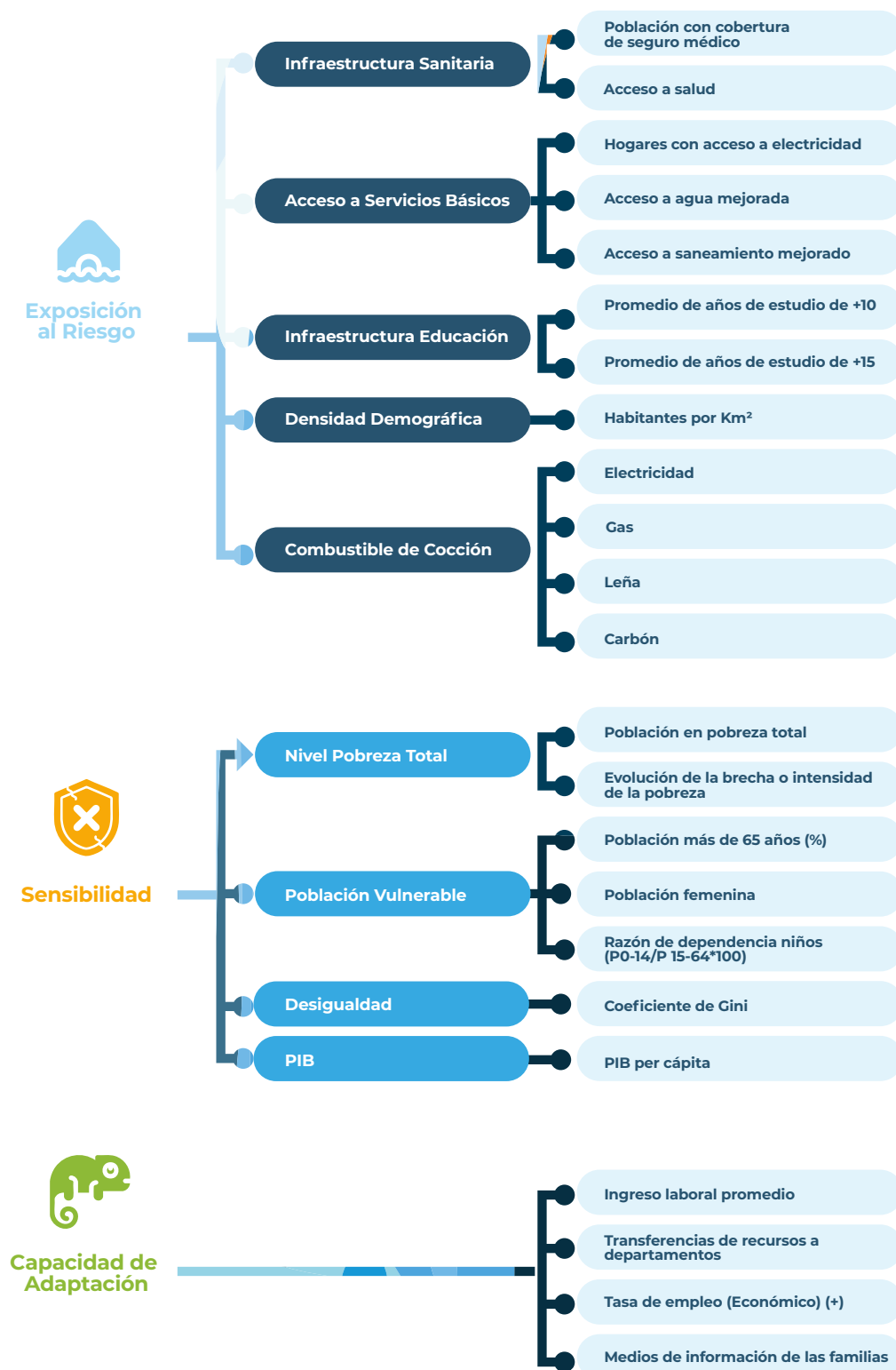
La **sensibilidad** se refiere al impacto que un sistema, comunidad o infraestructura puede experimentar ante eventos adversos, en función de su capacidad de resistencia y adaptación a los cambios climáticos. Para evaluarlos se incluyen criterios como nivel de pobreza, población vulnerable, desigualdad y PIB per cápita.

Por último, la **capacidad de adaptación** se evalúa mediante subindicadores que reflejan la disponibilidad de recursos financieros públicos para infraestructura, educación, salud, gobernanza y respuesta institucional, así como medios de información para familias, tasa de empleo e ingreso laboral promedio, elementos esenciales para afrontar y recuperarse de situaciones críticas.

44 Allan Lavell et al., "Climate Change: New Dimensions in Disaster Risk, Exposure, Vulnerability, and Resilience," in *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation* (Cambridge: Cambridge University Press, 2012), 25–64.

45 CAF, *Índice de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en la región de América Latina y el Caribe*, ISBN: 978-980-7644-61-7, 2014; C.L. Vilas Boas, *Modelo multicriterios de apoio à decisão aplicado ao uso múltiplo de reservatórios: Estudo da barragem do ribeirão João Leite*, Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, 2006; D. Soares y Gutierrez-Montes, *Vulnerabilidad social, institucionalidad y percepciones sobre el cambio climático: un acercamiento al municipio de San Felipe, Costa de Yucat, enero de 2021*; R.A. Rojas, *Adaptación al Cambio Climático. Una perspectiva regional: Sistematización del diálogo regional de adaptación y aprovechamiento de aguas de la agricultura al cambio climático en los Andes, países andinos 2010-2013*; PNUD, *Paraguay, impactos económicos y sociales de la sequía*, Asunción, 2022; WWF, *The Nature Conservancy y Centro de Pesquisa do Pantanal, Análisis de riesgo ecológico de la cuenca del río Paraguay (Argentina, Bolivia, Brasil y Paraguay): Resumen ejecutivo*, WWF Brasil, enero de 2012.

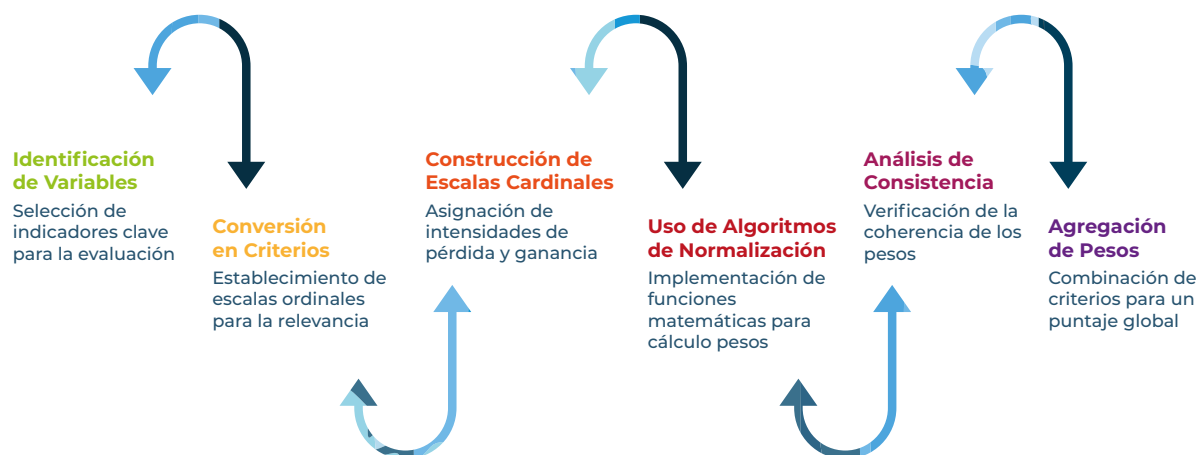
Figura 18. Esquema de indicadores y subindicadores del modelo de diagnóstico de Vulnerabilidad y Resiliencia.



Fuente: Elaboración propia.

Para evaluar el grado de vulnerabilidad y resiliencia de los Departamentos del área de estudio, se utiliza el modelo Perceptor Hierarchical Decision (PHD) con el objetivo de normalizar los datos⁴⁶. La figura 19 presenta un esquema de la organización de indicadores y subindicadores del modelo. A estos fueron atribuidos pesos basados en información secundaria de fuentes oficiales⁴⁷ y valoraciones a partir de los procesos participativos con actores clave⁴⁸.

Figura 19. Proceso de aplicación del modelo PHD para la evaluación de indicadores y subindicadores de vulnerabilidad y resiliencia.



3.3.2. Proceso de Evaluación de Indicadores y Subindicadores

El modelo inicia con la identificación de variables y parámetros relevantes que luego se convierten en indicadores y subindicadores, jerarquizados mediante escalas ordinales. Para cuantificar su influencia, se asignan escalas cardinales con intensidades de pérdida y ganancia utilizando variables semánticas.

Se aplican algoritmos de normalización, como la función de Gauss⁴⁹, para calcular los pesos de cada criterio de manera estandarizada y reducir sesgos en la ponderación.

⁴⁶ El modelo PHD fue aplicado con datos del período 2015 a 2019 para los seis departamentos de la cuenca del río Paraná.

⁴⁷ Instituto Nacional de Estadísticas de Paraguay (INE), Ministerio de Economía y Finanzas–Paraguay (MEF), Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible–Paraguay (MADES).

⁴⁸ Autoridades y especialistas de: Administración Nacional de Electricidad (ANDE), Sistema Estadístico Nacional (SISEN), Instituto Nacional de Estadísticas de Paraguay (INE), Secretaría Técnica de Planificación (STP), Agencia Financiera de Desarrollo (AFD), Ministerio de Desarrollo Social (MDS), Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible–Paraguay (MADES).

⁴⁹ La función de Gauss, también conocida como distribución normal o campana de Gauss, es una función matemática utilizada en estadística para modelar distribuciones de datos que siguen un comportamiento probabilístico simétrico alrededor de una media. Esta función es ampliamente utilizada en la modelización de datos, la toma de decisiones y la evaluación de incertidumbre en modelos probabilísticos. En el contexto del modelo PHD, la función de Gauss se emplea para normalizar los pesos de los criterios, asegurando que la distribución de valores se mantenga coherente y que las decisiones reflejen una estructura estadística robusta.

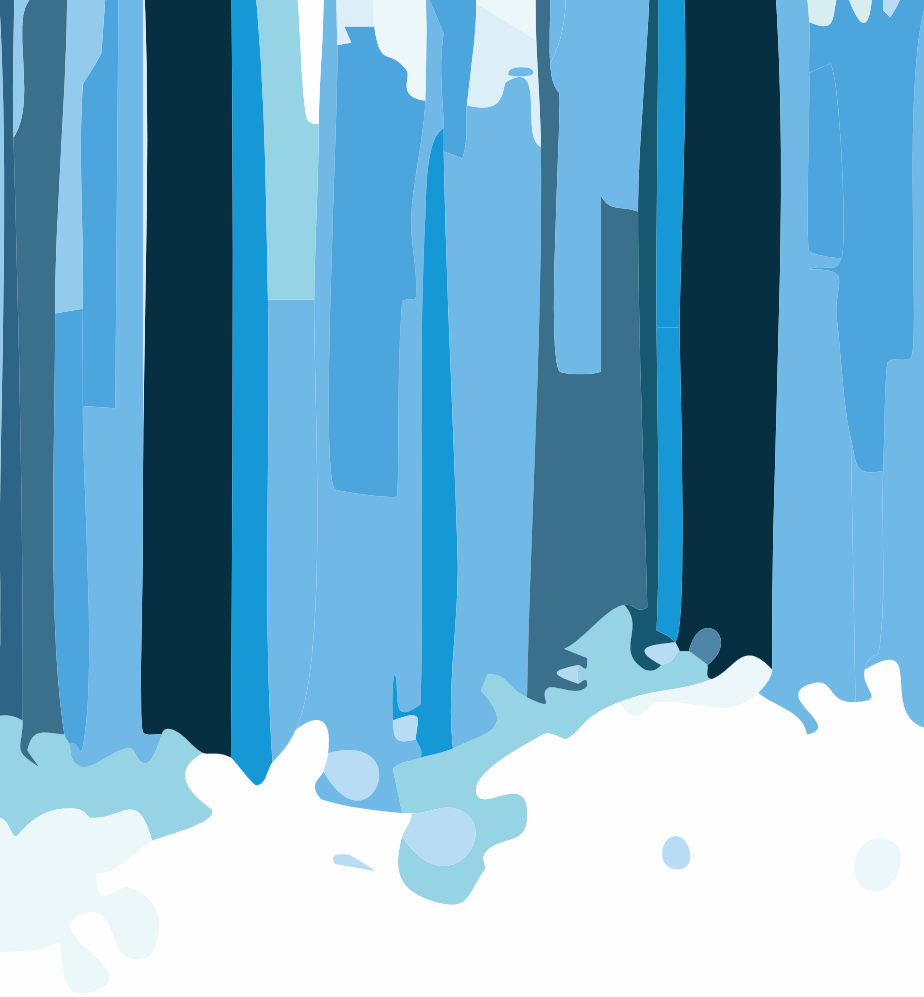
La normalización de datos transforma diferentes conjuntos de datos a una escala común, generalmente de 0 a 100, permitiendo comparar y combinar indicadores con diferentes unidades de medida y rangos. Por ejemplo, un indicador de “Acceso a Servicios Básicos” con valores entre 50 y 95 se normaliza para que todos los valores estén en el rango de 0 a 100, asegurando que cada indicador contribuya proporcionalmente al índice final y eliminando sesgos.

Posteriormente, se realiza un análisis de consistencia mediante simulaciones Monte Carlo⁵⁰, para evaluar la estabilidad y coherencia de los pesos asignados. Finalmente, los criterios se agregan en un puntaje global, reflejando el nivel de resiliencia de cada comunidad.

- El análisis permite obtener una **clasificación general** de los departamentos de la cuenca **en términos de Vulnerabilidad y Resiliencia**. Además, por cada departamento, se incluye:
- Una tabla con la valoración de los **13 subindicadores** de exposición al riesgo, sensibilidad y capacidad de adaptación.
- Gráficos sobre la **evolución de los subindicadores** de vulnerabilidad y resiliencia.
- Un análisis de **fortalezas y debilidades** que identifica puntos críticos y áreas donde los planes de adaptación podrían ser más efectivos.

Este diagnóstico de vulnerabilidad y resiliencia proporciona un **elemento de apoyo** para la toma de decisiones en políticas de adaptación frente a los fenómenos del cambio climático.

⁵⁰ Las simulaciones de Monte Carlo son un método estadístico utilizado para modelar sistemas complejos mediante la generación de valores aleatorios y el análisis probabilístico de múltiples escenarios. Este enfoque se basa en la repetición de cálculos sobre una distribución de datos, permitiendo evaluar la variabilidad y la incertidumbre de un sistema. En el modelo PHD, las simulaciones de Monte Carlo se utilizan para verificar la consistencia de los pesos asignados a los criterios, asegurando estabilidad en la evaluación de resiliencia y vulnerabilidad.



CAPÍTULO 4

RESULTADOS

4.1. Análisis de Beneficios y Costos de las Medidas de Adaptación.

La metodología diseñada para el análisis de beneficios y costos se aplicó de la siguiente manera:

De la **Hoja de ruta de Adaptación al 2030** correspondiente al PNACC vigente, se tomaron los **tres objetivos del sector de Energía** con sus **veinte medidas** posteriormente validadas con los actores clave para el nuevo plan de adaptación.

De las **veinte medidas identificadas** se procedió al **análisis beneficios y costos** de **doce medidas** basándose en su viabilidad y en la disponibilidad de información necesaria. Estas medidas fueron seleccionadas teniendo en cuenta su relevancia y el impacto potencial en la resiliencia y adaptación al cambio climático.

Figura 20. Objetivos para el sector Energía del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) 2020-2030 de Paraguay.



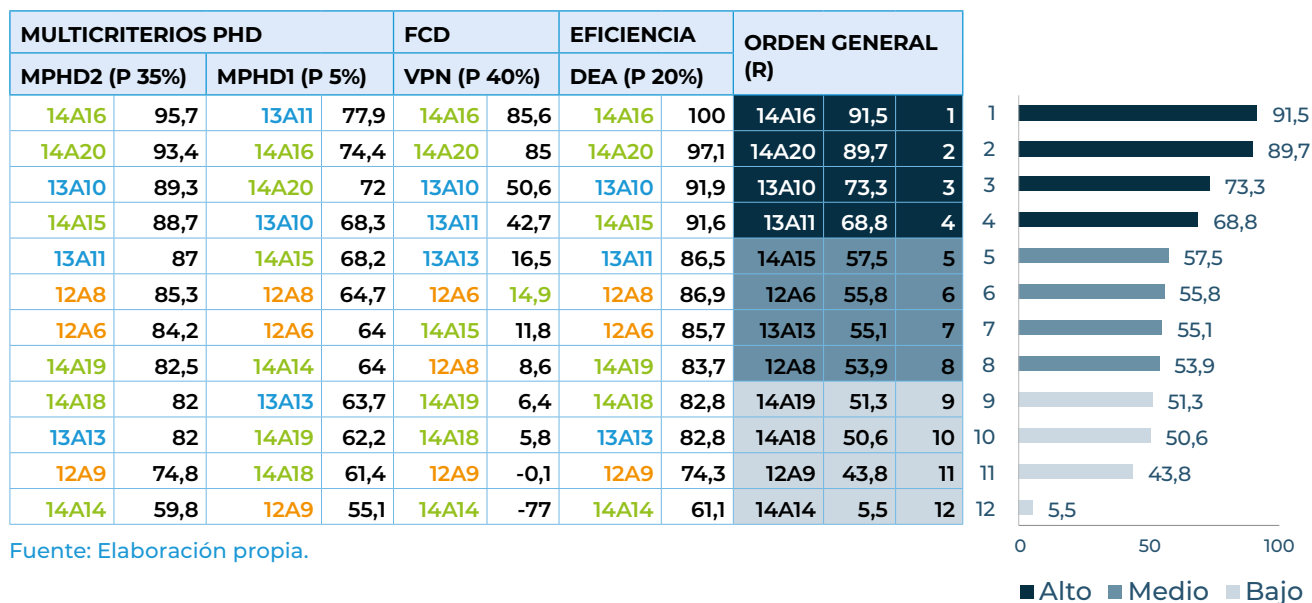
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. Medidas evaluadas

 OBJETIVO 12 Aumentar la resiliencia en las comunidades vulnerables a través de una mejor provisión de energía eléctrica.	
Código	Medida
12A6	Ajuste de especificaciones técnicas de líneas de transmisión para que no se vean afectados por fuertes vientos.
12A8	Mantenimiento de barreras corta fuego en la Reserva del Yguazú.
12A9	Incluir en el Plan anual de capacitación institucional de la ANDE el tema de adaptación y mitigación al cambio climático.
 OBJETIVO 13 Proteger y restaurar los cauces hídricos en subcuencas prioritarias para la generación de energía hidroeléctrica.	
Código	Medida
13A10	Implementación de los Planes de Gestión en la subcuenca del Yguazú y Acaray, que incluye medidas desde la concienciación de las comunidades a través de las llamadas plataformas municipales de trabajo.
13A11	Promoción e implementación de actividades para la reforestación de los bosques protectores de los cauces hídricos.
13A13	Restauración de ecosistemas naturales – MD a través del proyecto Itaipú Reserva, con el objetivo de restaurar áreas degradadas existentes en la franja de protección de embalses, contribuir al mantenimiento del caudal y la vida útil del embalse; y mejorar la conectividad entre reservas de refugios de Itaipú Binacional mediante el establecimiento y fortalecimiento de corredores biológicos.
 OBJETIVO 14 Generar y promover el uso de fuentes de energías alternativas a la hidroeléctrica en comunidades vulnerables.	
Código	Medida
14A14	Implementación de proyectos en comunidades para la generación de energía de origen alternativa.
14A15	Identificación de cocinas mejoradas y eficientes adaptadas a las necesidades y costumbres de las comunidades locales, con un enfoque de eficiencia, salubridad y pertenencia cultural.
14A16	Diseño e implementación de un Programa de transición hacia una cocción limpia y eficiente.
14A18	Coordinación con las instituciones responsables la realización de cursos y talleres que eleven la capacidad de los técnicos locales en cuanto al uso eficiente de energía.
14A19	Planificación para la implementación de 7.500 cocinas mejoradas en el marco del Componente I del Proyecto PROEZA
14A20	Alianzas estratégicas para soluciones a problemas de acceso energético para la cocción y otros usos, mediante los programas sociales del Ministerio de Desarrollo Social.

En la Figura 21 se muestra la clasificación general de las medidas evaluadas según la metodología aplicada. Esta clasificación jerarquiza las medidas de adaptación en tres niveles de relevancia: alto, medio, bajo.

Figura 21. Clasificación General de las medidas de adaptación evaluadas por los modelos MPHD2, MPHD1, FCD, DEA.



Esta jerarquización se basa en la evaluación de cada medida según su **impacto, viabilidad y eficiencia** y permite identificar y priorizar las medidas críticas y más efectivas para la adaptación al cambio climático. Además, la asignación de **responsabilidades claras** a las instituciones involucradas se detalla en la Tabla 5, asegurando una ejecución coordinada y eficiente.

Tabla 5. Medidas de la propuesta del Plan de Adaptación jerarquizadas según beneficios tridimensionales versus costos y actores institucionales.

Código	Medidas	Actores Institucionales
14A16	→ Diseño e implementación de un Programa de transición hacia una cocción limpia y eficiente.	Liderado por VMME/MOPC. Participación de actores institucionales del Comité Nacional de Eficiencia Energética (CNEE).
14A20	→ Alianzas estratégicas a efectos de establecer planteamiento de soluciones a problemas de acceso energético para cocción de alimentos y otros usos que pueden ser potenciados mediante programas sociales del Ministerio de Desarrollo Social.	Liderado por MDS. Participación del: MEC, MME/MOPC, ANDE, Entidades Binacionales y otros actores relevantes.
13A10	→ Implementación de los Planes de Gestión en la subcuenca del Yguazú y Acaray, que incluye medidas desde la concienciación de las comunidades, a través de las llamadas plataformas municipales de trabajo.	ANDE, comunidades locales y municipios, MADES e INFONA.
13A11	→ Promoción e Implementación de actividades para la reforestación de los bosques protectores de los cauces hídricos.	Entidad Binacional Yacyretá, gobiernos locales, ANDE.
14A15	→ Identificación de cocinas mejoradas y eficientes adaptadas a las necesidades y costumbres de las comunidades locales, con un enfoque de eficiencia, salubridad y pertinencia cultural.	VMME-MOPC, ANDE y demás instituciones miembros del CNEE.
12A6	→ Ajuste de especificaciones técnicas de líneas de transmisión para que no se vean afectados por fuertes vientos.	ANDE.
13A13	→ Restauración de ecosistemas naturales – MD a través del proyecto <i>ITAIPU Preserva</i> , con el objetivo de restaurar áreas degradadas existentes en la franja de protección del embalse. Así también, busca contribuir al mantenimiento del caudal y la vida útil del embalse; y mejorar la conectividad entre las reservas y refugios de la Itaipu Binacional mediante el establecimiento y fortalecimiento de corredores biológicos.	ITAIPU.
12A8	→ Mantenimiento de barreras cortafuego en la Reserva del Yguazú	ANDE.
14A19	→ Planificación para la implementación de 7.500 cocinas mejoradas a participantes del Programa <i>Tekoporã</i> en el marco del Componente I del Proyecto PROEZA.	VMME-MOPC y demás Instituciones miembros del Comité Nacional de Eficiencia Energética, en articulación con programas sociales del MDS y MVUH, Coordinación Nacional del Proyecto PROEZA (STP/MEF) y otros Organismos Internacionales (FAO).
14A18	→ Coordinación con las instituciones responsables la realización de cursos y talleres que eleven la capacidad de los técnicos locales en cuanto al uso eficiente de la energía.	VMME: realiza cursos y talleres para capacitación.
12A9	→ Incluir en el Plan anual de capacitación institucional de la ANDE el tema de adaptación y mitigación al cambio climático.	ANDE.
14A14	→ Implementación de proyectos en comunidades para la generación de energía de origen.	ANDE, Entidades Binacionales.

4.2. Hallazgos y Recomendaciones

Eficiencia energética: Aunque la eficiencia energética conceptualmente corresponde a una medida de mitigación al cambio climático, su inclusión en el análisis de adaptación se justifica por su impacto en la resiliencia del sistema energético. La eficiencia energética contribuye a reducir la demanda de energía, lo que puede aliviar la presión sobre los recursos hídricos y mejorar la capacidad del sistema para enfrentar eventos climáticos extremos.

Se recomienda la implementación de programas de financiamiento para proyectos de eficiencia energética en pequeñas y medianas empresas (PyMEs), así como la promoción de tecnologías de eficiencia energética en el sector residencial y comercial como el programa de transición hacia una cocción limpia y eficiente y la creación de alianzas estratégicas para la búsqueda de soluciones a problemas de acceso energético, que pueden ser potenciados mediante programas sociales y que ocupan el primer lugar de la jerarquización en sus beneficios versus costos.

En este sentido, se destaca la importancia de continuar con el proyecto de Ley de Uso Eficiente y Racional de Energía como una medida de adaptación permanente más allá del 2030. La misma es fundamental ya que promueve y orienta el uso racional y eficiente de la energía en todos los procesos, desde la producción hasta el uso final, contribuyendo a la preservación de los recursos naturales, la minimización del impacto ambiental y social, y la eficiencia económica del país.

Preservación de bosques protectores en cauces hídricos y embalses: La preservación de las condiciones favorables de los embalses para la generación hidroeléctrica, así como el manejo de las subcuencas nacionales que los abastecen, también resulta en un nivel elevado en el análisis de beneficios y costos. Esto implica que es una medida costo efectiva (relación costos bajos/beneficios altos), según lo demuestra el análisis, además de ser relevante para la sostenibilidad energética del país. Estas medidas son cruciales para garantizar la disponibilidad de recursos hídricos necesarios para la generación hidroeléctrica y para mitigar los impactos del cambio climático en los ecosistemas acuáticos. Es esencial también fortalecer la cooperación interinstitucional y con comunidades locales para la implementación de planes de gestión y reforestación en las cuencas hidrográficas.

Sistemas de transmisión: la modernización de la infraestructura de transmisión tiene por objetivo mejorar la resiliencia del sistema eléctrico frente a eventos climáticos extremos. La modernización y expansión de las líneas de transmisión y la construcción de nuevas subestaciones son cruciales para reducir las pérdidas de energía, mejorar la capacidad del sistema para enfrentar eventos climáticos extremos y garantizar un suministro eléctrico confiable y eficiente a todas las regiones del país. En este sentido, el ajuste de especificaciones técnicas de las líneas de transmisión que garanticen la resistencia y durabilidad ante fenómenos climáticos adversos, resultan en una categoría media en cuanto a su evaluación de beneficios y costos. Estas medidas son esenciales para el desarrollo sostenible y la seguridad energética de Paraguay.

Creación de capacidades: Las medidas relacionadas con la capacitación y la transferencia de conocimiento específico se ubican en la base de la jerarquía en términos de beneficios y costos, sin embargo, son vitales para la adaptación al cambio climático. La formación de recursos humanos capacitados es fundamental para la implementación efectiva de las medidas de adaptación y para el desarrollo de soluciones innovadoras frente a los desafíos del cambio climático. Es crucial desarrollar programas de capacitación continua para técnicos y profesionales del sector energético, así como campañas de sensibilización y educación para la población en general sobre la importancia de la adaptación al cambio climático.

Generación de energía renovable alternativa: Las medidas que buscan implementar generación alternativa a la hidroeléctrica, principalmente para localidades aisladas y comunidades vulnerables, se ubican en el último lugar en la jerarquización, reflejando un menor rango de beneficios comparativos en las tres dimensiones evaluadas. Sin embargo, estas medidas son vitales para diversificar la matriz energética y proporcionar acceso a energía continua y sostenible en áreas remotas, contribuyendo a reducir desigualdades de acceso a energía y, por tanto, en calidad de vida de la población rural.

La reciente aprobación en 2023 de la **Ley N° 6977/2023 de Energías Renovables No Convencionales**⁵¹ facilita el desarrollo e implementación de proyectos de generación eléctrica a partir de diversas fuentes de energía renovable y tecnologías de transición. Es importante también fomentar la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías de energía renovable y establecer incentivos para la inversión en proyectos de energía limpia.

Nota importante para los puntos relatados: El análisis de la relación Beneficios y Costos de las medidas validadas para la propuesta de plan no implica necesariamente una priorización estricta en términos de tiempo o importancia. En cambio, se presenta como una jerarquización basada en la comparación de beneficios en las tres dimensiones consideradas (social, ambiental y económica)⁵² y en la comparación de costos asociados. Esta jerarquización permite identificar las medidas más efectivas y estratégicas para la adaptación al cambio climático en el sector, facilitando la toma de decisiones informadas y la asignación eficiente de recursos.

51 Ley N° 6977 / Regula el fomento, generación, producción, desarrollo y la utilización de energía eléctrica a partir de fuentes de energías renovables no convencionales no hidráulicas

52 La jerarquización de las medidas de adaptación se basa en una combinación de diferentes modelos de análisis, cada uno con sus respectivos pesos. Aunque se mencionan las dimensiones social, ambiental y económica para resaltar los tipos de beneficios considerados, la jerarquización final se obtiene a través de una fórmula que combina los resultados de estos modelos.

4.3. Diagnóstico Vulnerabilidad y Resiliencia Local-Resultados del Modelo (PHD) 2015-2019

La metodología aplicada muestra que los Departamentos de Paraguay que forman parte de la cuenca del río Paraná y sus afluentes han logrado avances en términos de resiliencia, indicando que están mejor preparados para enfrentar los cambios climáticos y sus efectos sobre los sistemas económico, social y ambiental.

El análisis se basa en tres indicadores principales: **Exposición al Riesgo, Sensibilidad y Capacidad de Adaptación**. Cada uno de estos indicadores se desglosan en subindicadores específicos que permiten una evaluación detallada de la resiliencia de cada departamento. (Véase figura 18).

El mapa de vulnerabilidad y resiliencia (figura 22) muestra la distribución geográfica de los índices de resiliencia para los departamentos de la cuenca del río Paraná. Los colores en el mapa indican los niveles de resiliencia según la escala cromática de violeta (más vulnerable) a verde (más resiliente).

Los resultados de los índices de resiliencia para los departamentos de la cuenca del río Paraná en 2019 muestran variaciones significativas en su capacidad para enfrentar y adaptarse a los impactos del cambio climático.

Ñeembucú presenta el índice de resiliencia más alto con un valor de 71,2, reflejando su suficiente infraestructura educativa y de servicios básicos, alta tasa de ocupación y buenos medios de información familiar. Misiones sigue con un índice de 68, mostrando una alta capacidad de adaptación, aunque enfrenta desafíos en infraestructura sanitaria. Itapúa y Alto Paraná, ambos con un índice de 65,3, han mejorado su capacidad de adaptación, pero aún enfrentan desigualdad y pobreza significativas.

Canindeyú, con un índice de 63,5; enfrenta desafíos en infraestructura sanitaria y densidad demográfica, reflejando altos niveles de pobreza y desigualdad que reducen su capacidad de adaptación. Caaguazú presenta el índice más bajo con 57,7; indicando una alta sensibilidad y baja capacidad de adaptación debido a su infraestructura sanitaria y educativa menos desarrollada y altos niveles de pobreza y desigualdad. Estos resultados sugieren que las medidas de adaptación deben ser específicas para cada departamento, enfocándose en sus fortalezas y debilidades particulares.

Figura 22. Mapa de vulnerabilidad y resiliencia de los departamentos de la cuenca del río Paraná.

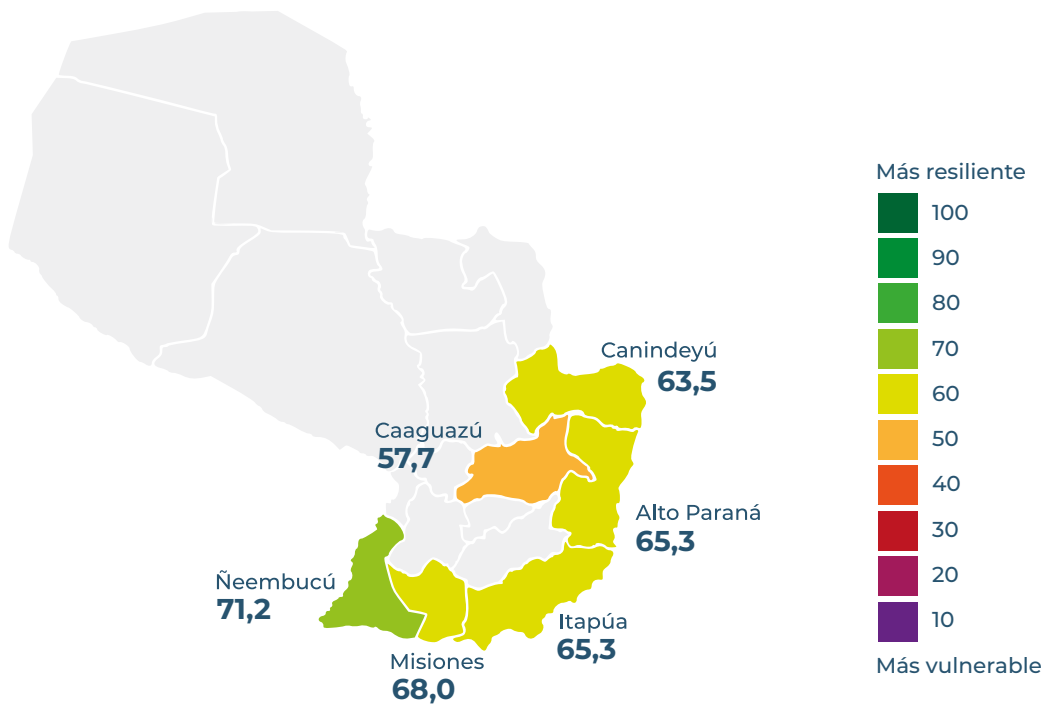
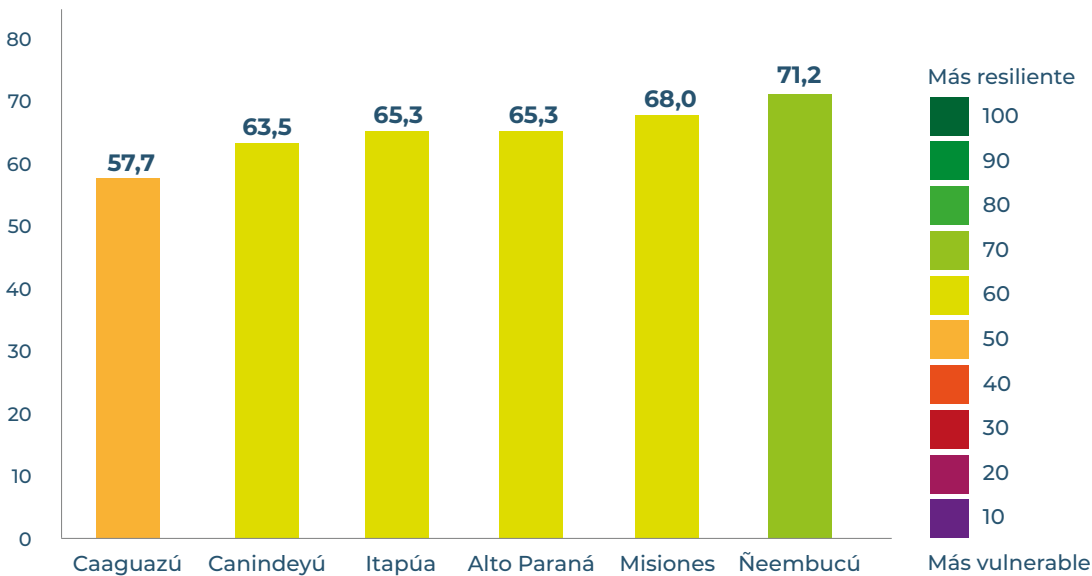


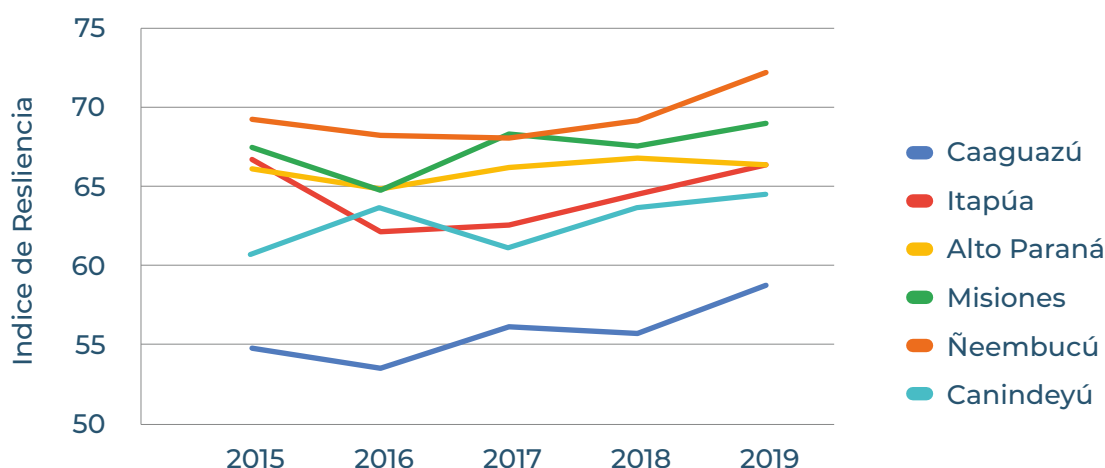
Figura 23. Grafico de Resultados del Índice de Resiliencia (Escala PHD) para los departamentos de la cuenca del río Paraná.



La figura 24 muestra la evolución del Índice de Resiliencia para cada Departamento de la cuenca del río Paraná durante el período 2015-2019. La evolución se presenta en términos de cambios anuales en los índices de resiliencia, permitiendo observar tendencias y variaciones a lo largo del tiempo.

Los resultados indican que la mayoría de los Departamentos ha mejorado su resiliencia en este período, lo que implica una mayor capacidad para enfrentar y adaptarse a los impactos del cambio climático.

Figura 24. Gráfico de evolución del Índice de Vulnerabilidad y Resiliencia (Escala PHD) 2015 a 2019 por Departamento.



El rendimiento promedio (Gráfico 25) de los indicadores de resiliencia se calcula para cada año y se presenta como una línea de tendencia. Esto permite identificar patrones de mejora o deterioro en la resiliencia de los departamentos. El mismo se refiere al valor ponderado que representa el desempeño de un departamento frente a un conjunto de subindicadores dentro de un criterio principal. Se calcula utilizando la siguiente fórmula:

Ecuación 2

$$R_a^i = \frac{\sum_{i=1}^k P_a^i \cdot N_j^i}{\sum_{i=1}^k N_j^i}$$

Donde R_a^i es el rendimiento de la alternativa a en el subindicador i ; P_a^i es el puntaje de la alternativa a en dicho subindicador; N_j^i es el peso del subindicador i dentro del criterio j ; y k es el número total de subindicadores.

Figura 25. Gráfico del rendimiento promedio de indicadores de vulnerabilidad y resiliencia 2015 a 2019 para los departamentos de la cuenca del río Paraná.



El rendimiento promedio de los indicadores de vulnerabilidad y resiliencia durante el período 2015-2019 proporciona una visión más amplia de cómo los departamentos han evolucionado en términos de vulnerabilidad y resiliencia.

En términos de exposición, Departamentos como Misiones y Ñeembucú muestran altos niveles de acceso a servicios básicos y densidad demográfica, contribuyendo significativamente a su resiliencia. Sin embargo, Canindeyú y Caaguazú presentan niveles bajos en infraestructura sanitaria y densidad demográfica, lo que afecta negativamente su capacidad de adaptación.

En cuanto a sensibilidad, Departamentos como Caaguazú y Canindeyú tienen baja vulnerabilidad en términos de población vulnerable, pero enfrentan altos niveles de pobreza y desigualdad, lo que reduce su resiliencia. **La capacidad de adaptación,** medida por la tasa de ocupación y los medios de información familiar, es alta en la mayoría de los Departamentos, aunque la transferencia de recursos públicos y los ingresos laborales aún presentan áreas de mejora.

Estos resultados indican que, aunque se han logrado avances significativos en algunos departamentos, otros aún enfrentan desafíos importantes que requieren atención y recursos adicionales.

La Tabla 6 de Vulnerabilidad y Resiliencia de los Departamentos de la cuenca arroja un panorama general sobre los indicadores y subindicadores, lo que permite identificar los puntos críticos, así como áreas de oportunidad.

Tabla 6. Indicadores de Vulnerabilidad y Resiliencia de los departamentos de la cuenca del río Paraná.

	Caaguazú	Canindeyú	Itapúa	Alto Paraná	Misiones	Ñeembucú
EXPOSICIÓN						
Infraestructura Sanitaria	71%	55%	82%	83%	75%	77%
Acceso a Servicios Básicos	96%	97%	96%	89%	100%	88%
Infraestructura Educación	93%	87%	96%	98%	99%	91%
Densidad Demográfica	22%	90%	50%	10%	95%	98%
Combustible de Cocción	84%	88%	96%	100%	92%	90%
SENSIBILIDAD						
Población Vulnerable	13%	13%	15%	18%	23%	33%
Nivel de Pobreza Total	19%	23%	28%	37%	40%	44%
PIB Per cápita	61%	25%	67%	93%	13%	10%
Coefficiente de Gini	29%	6%	17%	14%	17%	38%
CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN						
Tasa de Ocupación	96%	96%	96%	93%	99%	96%
Medios Información Familias	85%	88%	94%	100%	96%	94%
Transfer Recursos Públicos	26%	71%	46%	26%	56%	100%
Ingreso Laboral	60%	97%	72%	94%	74%	69%
Índice de Vulnerabilidad y Resiliencia	57,70	63,50	65,30	65,30	68,00	71,20

Este análisis permite identificar las áreas donde los Departamentos, en su conjunto, tienen un buen desempeño y aquellas en las cuales se necesitan mejoras. Los porcentajes se utilizan para comparar el rendimiento de los subindicadores entre los diferentes departamentos, lo que facilita la toma de decisiones informadas para implementar medidas de adaptación relevantes.

En la tabla 7 se presenta un resumen de las fortalezas y debilidades para el conjunto de departamentos.

Tabla 7. Análisis de fortalezas y debilidades del conjunto de departamentos en términos de vulnerabilidad y resiliencia.

Indicador	Subindicador	Fortalezas	Debilidades
 Exposición al riesgo	→ Infraestructura Sanitaria		→ Canindeyú está en la base de la lista con un 55%; seguido por Caaguazú, Misiones y Ñeembucú que presentan valores bajos
	→ Acceso a Servicios Básicos	→ Desempeño superior al 88 % en todos los departamentos	
	→ Infraestructura Educación	→ Desempeño del 87% al 99% en la mayoría de los departamentos	
	→ Densidad Demográfica		→ Alto Paraná con 10% y Caaguazú con 22% la base de la lista del subindicador
	→ Combustible de Cocción	→ Entre 84% y 100% para todos los departamentos	
 Sensibilidad	→ Población Vulnerable		→ Todos los departamentos por debajo del 33% con Caaguazú, Canindeyú e Itapúa en la base de la lista
	→ Nivel Pobreza Total		→ Todos los departamentos por debajo del 44% con Caaguazú, Canindeyú e Itapúa en la base de la lista
	→ PIB per cápita	→ Valores aceptables para Alto Paraná con 93%, Itapúa con 67% y Caaguazú con 61%.	→ Valores críticos para Ñeembucú (10%), Misiones (13%) y Canindeyú (25%)
	→ Desigualdad Coeficiente de Gini		→ Desigualdad significativa en el conjunto de departamentos menor a 38%, con Canindeyú, Alto Paraná, Itapúa y Misiones con los valores menores del conjunto.
 Capacidad de adaptación	→ Tasa de Empleo	→ Alta, entre 93% y 99% para el conjunto.	
	→ Medios de información de las familias	→ Buen rendimiento de subindicador para sensibilización y preparación sobre el 85%	
	→ Transferencias de recursos a departamentos		→ Caaguazú y Alto Paraná (26%) e Itapúa (46%) presentan baja disponibilidad de soporte estatal de recursos
	→ Ingreso laboral promedio	→ Alto desempeño en Canindeyú (97%) y Alto Paraná (94%)	→ Brechas en Caaguazú (60%) y Ñeembucú (69%)

4. 4. Vulnerabilidad y Resiliencia por Departamento.

A continuación, se presenta una serie gráficos y análisis basados en el desempeño de los indicadores y subindicadores de vulnerabilidad y resiliencia por cada Departamento, entendiendo que un aumento cuantitativo en el desempeño del indicador refleja una mejoría de las condiciones analizadas para cada aspecto según la metodología propuesta.

4. 4. 1. Departamento de Caaguazú.

El Departamento de Caaguazú es uno de los más dinámicos económicamente en el país debido a su creciente producción agrícola y ganadera, así como la instalación de industrias agroalimentarias⁵³. Es uno de los líderes en la producción de banano, mandarina, piña y yerba mate, además de ocupar el primer lugar en la producción de tomate, a nivel nacional. También es un importante productor de soja, trigo y maíz⁵⁴. La diversificación de su base empresarial, con un fuerte enfoque en el sector comercial, seguido de servicios e industria, contribuye significativamente a su dinamismo económico.

Figura 26. Mapa de resiliencia del Departamento de Caaguazú.

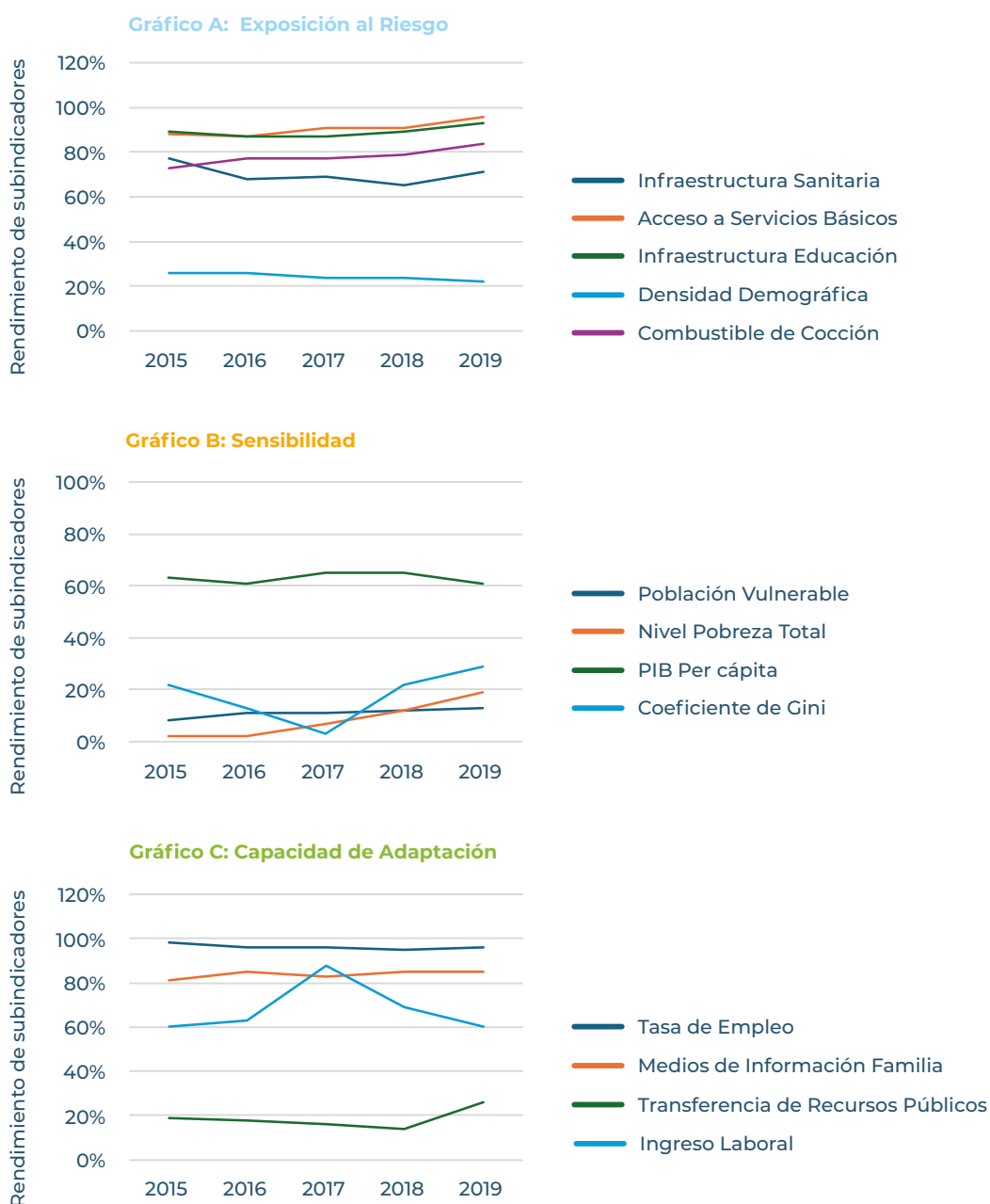


53 Sistema Nacional de Formación y Capacitación Laboral (SINAFOCAL) 2024, Informes socioeconómicos Observatorio Ocupacional–Datos departamentales

54 Instituto Nacional de Estadística (INE). (2022). Compendio Estadístico 2022. Paraguay

El Departamento tiene una diversificada base empresarial, con un fuerte enfoque en el sector comercial, seguido de servicios e industria. El análisis de la evolución de los indicadores y subindicadores de vulnerabilidad y resiliencia del departamento de Caaguazú se muestra en la Figura 27, y es esencial para comprender cómo estos factores afectan su capacidad de adaptación al cambio climático. Evaluar la exposición al riesgo, la sensibilidad y la capacidad de adaptación permite identificar las fortalezas y debilidades del departamento, así como las oportunidades para mejorar su resiliencia.

Figura 27. Gráficos comparativos sobre la evolución del rendimiento de los indicadores y subindicadores de Vulnerabilidad y Resiliencia del 2015 al 2019 (método PHD) del departamento de Caaguazú.



En términos generales, el rendimiento de los subindicadores de **exposición al riesgo** muestra una tendencia de mejora en algunos casos, mientras que otros presentan fluctuaciones o disminuciones.

La infraestructura sanitaria fluctúa entre 65% y 77% durante el período 2015-2019, mostrando una ligera mejora en 2019 con un 71%. El acceso a servicios básicos muestra una mejora constante, pasando de 88% en 2015 a 96% en 2019. La infraestructura educativa mantiene un rendimiento relativamente estable, con una ligera mejora de 87% en 2016 a 93% en 2019. La densidad demográfica evidencia una disminución constante, pasando de 26% en 2015 a 22% en 2019. El uso de combustibles más limpios aumenta significativamente, pasando de 73% en 2015 a 84% en 2019.

Se observa un bajo rendimiento en el indicador de sensibilidad debido a los altos niveles de pobreza y desigualdad que afectan negativamente la capacidad del departamento para enfrentar los impactos del cambio climático, aunque se observa un crecimiento en casi todos los subindicadores en el período 2015-2019, con excepción del PIB per cápita.

El subindicador de población vulnerable muestra una mejoría constante, pasando de 8% en 2015 a 13% en 2019. El rendimiento del PIB per cápita fluctúa ligeramente, mostrando una disminución general de 63% en 2015 a 61% en 2019. El coeficiente de Gini muestra una fluctuación significativa, pasando de 22% en 2015 a 3% en 2017, y luego aumentando a 29% en 2019.

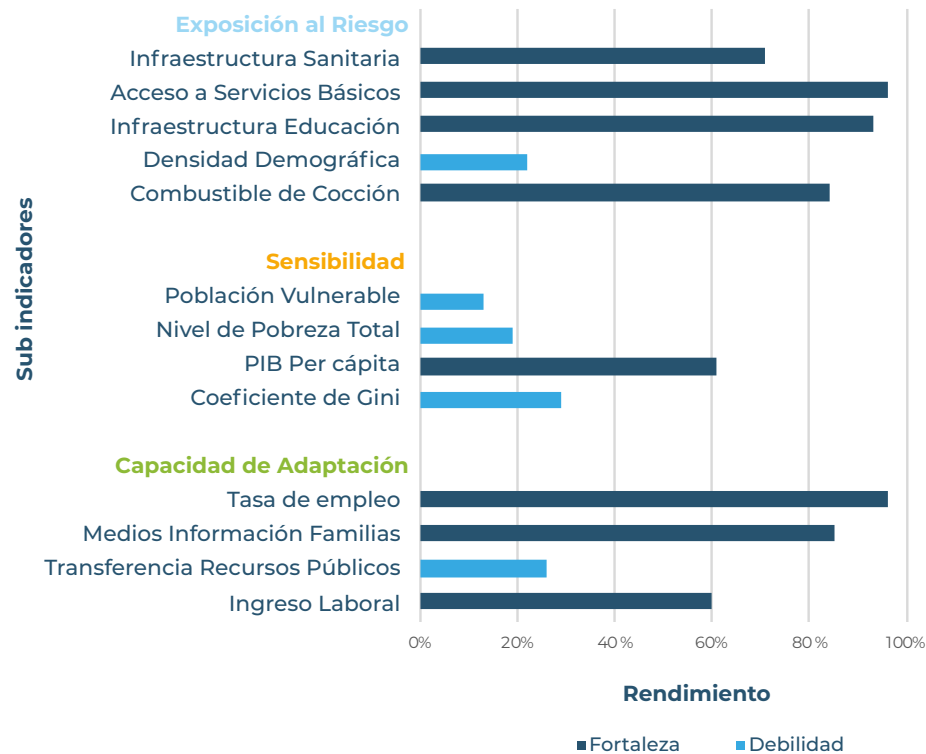
Se presenta un alto rendimiento en el indicador de **capacidad de adaptación**, con excepción del subindicador de transferencias de recursos públicos al Departamento, a pesar de un crecimiento de 7% en los últimos 5 años. La tasa de empleo se mantuvo en niveles elevados a lo largo del periodo, lo que es positivo para la economía local.

La alta capacidad de adaptación se refleja en la tasa de empleo y en los medios de información familiar, que son cruciales para la adaptación económica y social. La tasa de empleo ha mantenido un rendimiento elevado, fluctuando ligeramente entre 95% y 98% durante el período 2015-2019.

Los medios de información familiar muestran una mejora constante, pasando de 81% en 2015 a 85% en 2019. La transferencia de recursos públicos ha mostrado una fluctuación significativa, pasando de 19% en 2015 a 26% en 2019. El rendimiento del ingreso laboral ha fluctuado significativamente, pasando de 60% en 2015 a 88% en 2017, y luego disminuyendo a 60% en 2019.

El siguiente gráfico de dominancia permite categorizar los subindicadores en fortalezas y debilidades e identificar las oportunidades estratégicas para mejorar la resiliencia.

Figura 28. Gráfico de dominancia de fortalezas y debilidades en los indicadores y subindicadores de vulnerabilidad y resiliencia del departamento de Caaguazú.



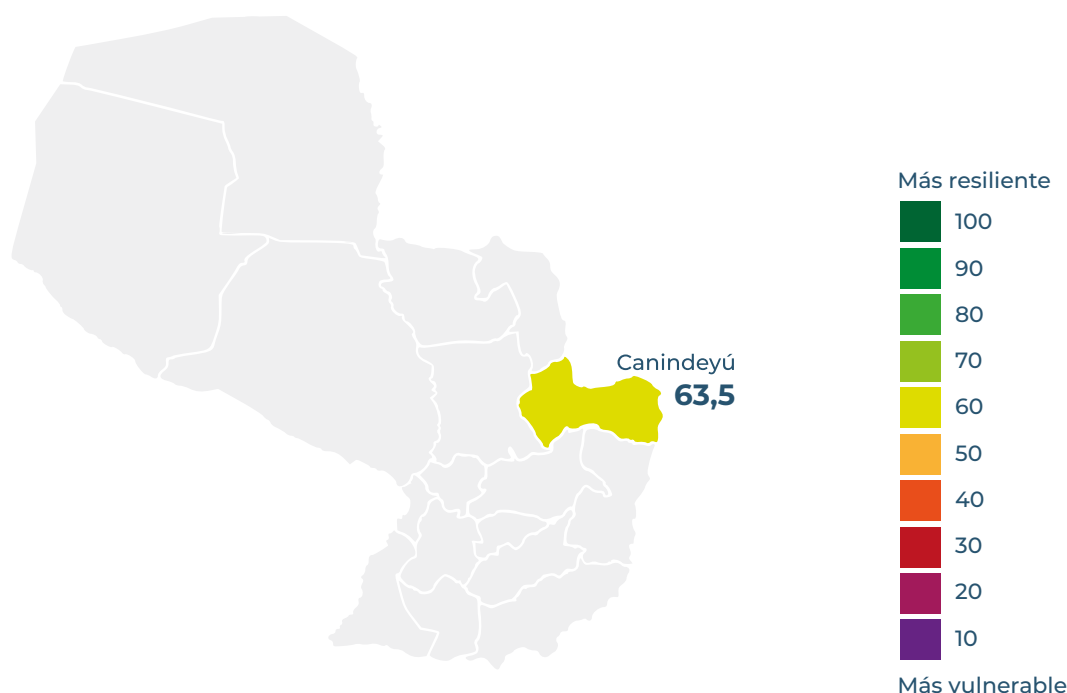
El Departamento de Caaguazú presenta fortalezas en el acceso a servicios básicos, infraestructura educativa, el uso de combustibles limpios, la tasa de empleo y medios de información de familias. Sin embargo, enfrenta debilidades en los indicadores de densidad demográfica, población vulnerable, nivel de pobreza total, el coeficiente de Gini y las transferencias de recursos públicos. Para mejorar su resiliencia, es necesario implementar proyectos que reduzcan la pobreza y vulnerabilidad, integrando sostenibilidad ambiental y mejora social. Asimismo, incrementar las transferencias de recursos, modernizar la infraestructura sanitaria, fortalecer el acceso a servicios básicos y ampliar la cobertura educativa.

4. 4. 2. Departamento de Canindeyú

El Departamento de Canindeyú es altamente productivo en agricultura tanto familiar como empresarial en todos sus distritos. Se destaca como el tercer productor de soja en la zafra 2018/2019, abarcando el 18,1% de la superficie de siembra a nivel nacional⁵⁵. También se posiciona como el segundo productor de maíz y tercer productor de trigo.

Además del cultivo de banana, caña de azúcar, tomate y locote (pimiento morrón), en el ámbito industrial, Canindeyú ha atraído 11 proyectos de maquila de exportación a nivel nacional hasta el primer trimestre de 2021, con una inversión total de más de 8.8 millones de dólares⁵⁶. En cuanto a las empresas activas, de las 5.618 en Canindeyú, el 58,4% pertenece al sector comercial, el 30,3% al sector de servicios y el 11,3% a la industria.⁵⁷

Figura 29. Mapa de resiliencia del Departamento de Canindeyú.

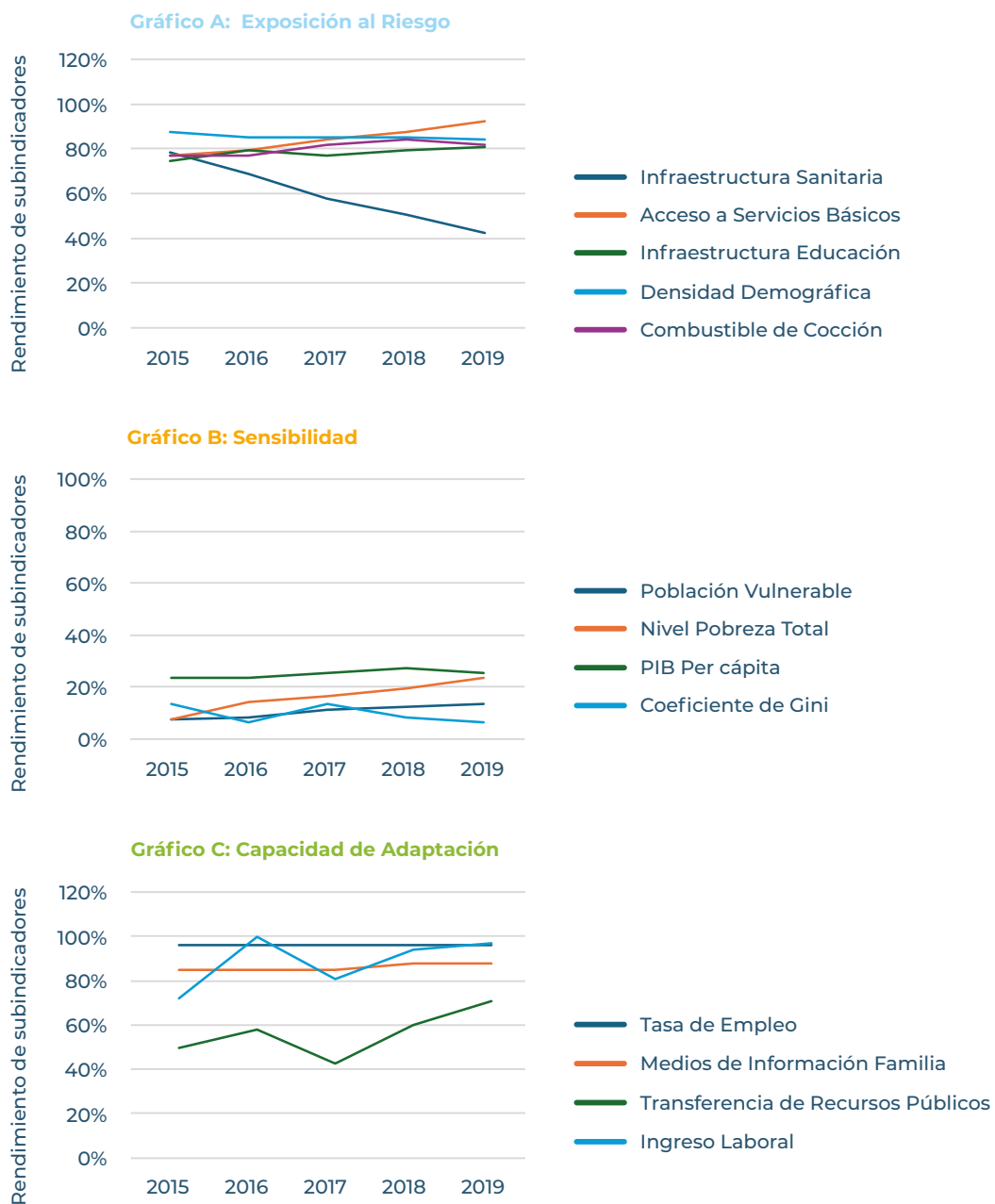


55 Instituto Nacional de Estadística (INE). (2022). *Compendio Estadístico 2022*. Asunción, Paraguay

56 Ministerio de Industria y Comercio (MIC)- Noticias

57 Sistema Nacional de Formación y Capacitación Laboral (SINAFOCAL) 2024, Informes socioeconómicos Observatorio Ocupacional-Datos departamentales

Figura 30. Gráficos comparativos sobre la evolución de los indicadores y subindicadores de Vulnerabilidad y Resiliencia del 2015 al 2019 (método PHD) del departamento de Canindeyú.



El rendimiento de los criterios de **exposición al riesgo** muestra una tendencia de disminución en algunos subindicadores, mientras que otros presentan fluctuaciones o mejoras. La infraestructura sanitaria ha disminuido significativamente, pasando de 85% en 2015 a 55% en 2019.

El acceso a servicios básicos ha mostrado una mejora constante, pasando de 84% en 2015 a 97% en 2019. La infraestructura educativa ha mantenido un rendimiento relativamente estable, fluctuando ligeramente entre 82% y 87% durante el período 2015-2019. La densidad demográfica ha mostrado una ligera disminución, pasando de 93% en 2015 a 90% en 2019. El uso de combustibles más limpios ha fluctuado ligeramente, pasando de 84% en 2015 a 88% en 2019.

La **sensibilidad** del departamento muestra un rendimiento bajo en todos los indicadores. Sin embargo, tres de los cuatro subindicadores han mejorado desde 2015. El rendimiento del subindicador población vulnerable ha mostrado un aumento constante, pasando de 7% en 2015 a 13% en 2019. El subindicador de pobreza total ha mejorado significativamente, pasando de 7% en 2015 a 23% en 2019. Esto implica que hubo mejoras en términos de la sensibilidad, pero con desigualdades en términos de concentración de la renta.

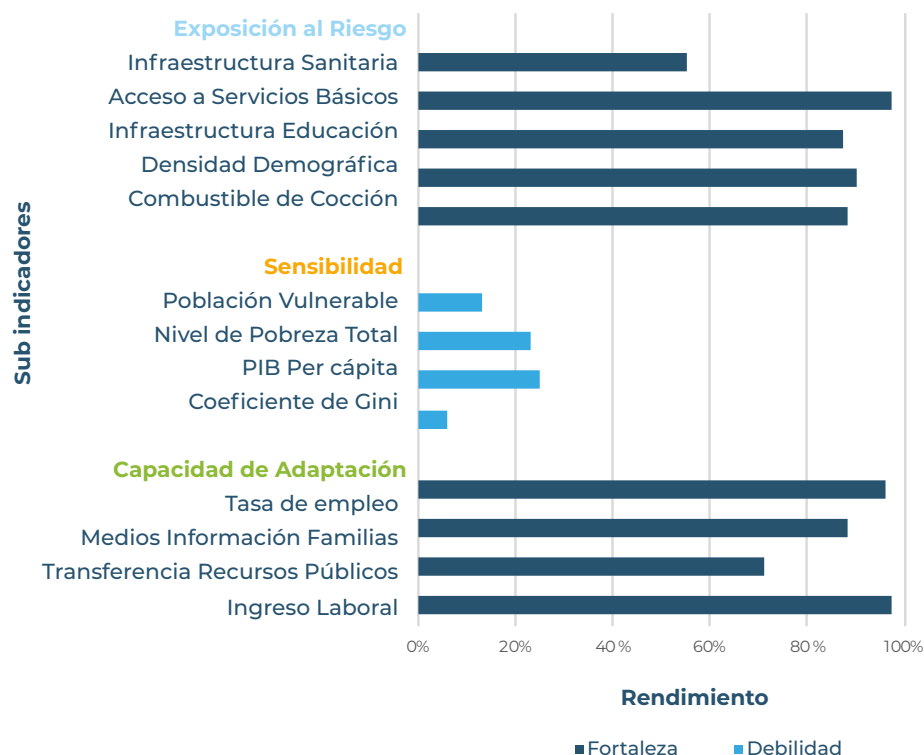
El rendimiento del PIB per cápita ha fluctuado ligeramente, pero ha mostrado una mejora general, pasando de 23% en 2015 a 25% en 2019. El coeficiente de Gini ha mostrado una fluctuación significativa, pasando de 13% en 2015 a 6% en 2019, indicando una mayor concentración de renta y por ende mayor brecha de desigualdad.

Los subindicadores referentes a la **capacidad de adaptación** muestran un excelente rendimiento en todos los subindicadores, teniendo el indicador de transferencias de recursos presentado los menores rendimientos. Sin embargo, este indicador ha crecido a una tasa de 3% anual a partir del año de 2016. La tasa de ocupación ha mantenido un rendimiento elevado y constante en 96% durante el período 2015-2019.

Los medios de información familiar han mostrado una mejora constante, pasando de 85% en 2015 a 88% en 2019. La transferencia de recursos públicos ha mostrado una fluctuación significativa, pasando de 50% en 2015 a 71% en 2019. El rendimiento del ingreso laboral ha mejorado significativamente, pasando de 72% en 2015 a 97% en 2019.

El siguiente gráfico de dominancia identifica entre las fortalezas el acceso a servicios básicos, los medios de información familiar y la tasa de ocupación elevada. Las debilidades se encuentran en la infraestructura sanitaria, la población vulnerable, el nivel de pobreza total, el coeficiente de Gini y las transferencias de recursos públicos.

Figura 31. Gráfico de dominancia de fortalezas y debilidades en los indicadores y subindicadores de vulnerabilidad y resiliencia del departamento de Canindeyú.



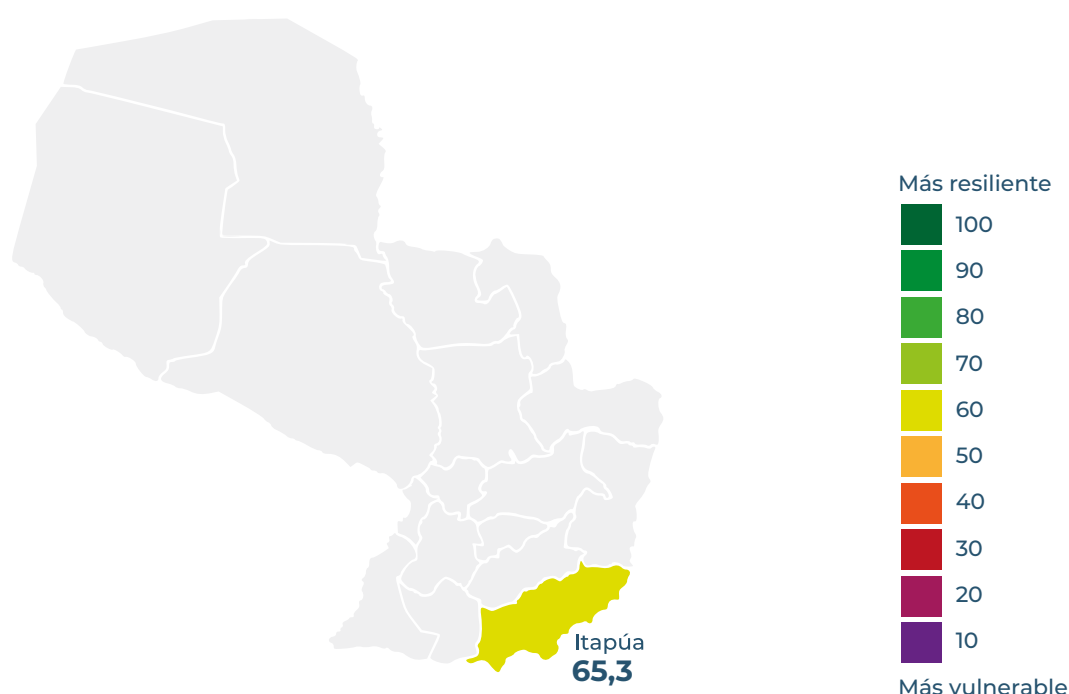
El Departamento de Canindeyú presenta fortalezas en el acceso a servicios básicos, los medios de información familiar y la tasa de empleo elevada. Sin embargo, enfrenta debilidades en la infraestructura sanitaria, la población vulnerable, el nivel de pobreza total, el coeficiente de Gini y las transferencias de recursos públicos. Para mejorar su resiliencia, es necesario incrementar las transferencias de recursos, modernizar la infraestructura sanitaria, fortalecer la cobertura educativa e implementar proyectos que reduzcan la pobreza y desigualdad con foco en población vulnerable, integrando sostenibilidad ambiental y mejora social.

4. 4. 3. Departamento de Itapúa

Itapúa es un destacado Departamento en la producción agrícola y ganadera en Paraguay. Es el primer productor de girasol y el segundo productor de trigo y soja en el país, tiene 3% de la producción de ganado vacuno. Además, es el segundo departamento con mayor superficie dedicada a la horticultura⁵⁸.

En términos industriales, ha atraído solo un proyecto⁵⁹ de maquila de exportación con una inversión de 2,2 millones de dólares desde la creación de este incentivo fiscal.⁶⁰ En cuanto a la base empresarial, de las 17.532 empresas activas en Itapúa, cerca de 50% se encuentra en el sector comercial, uno 34,4% en servicios y 15,5% en la industria⁶¹.

Figura 32. Mapa de resiliencia del Departamento de Itapúa.



En la figura 33, se muestra el análisis de la evolución de los indicadores y subindicadores de vulnerabilidad y resiliencia del departamento de Itapúa.

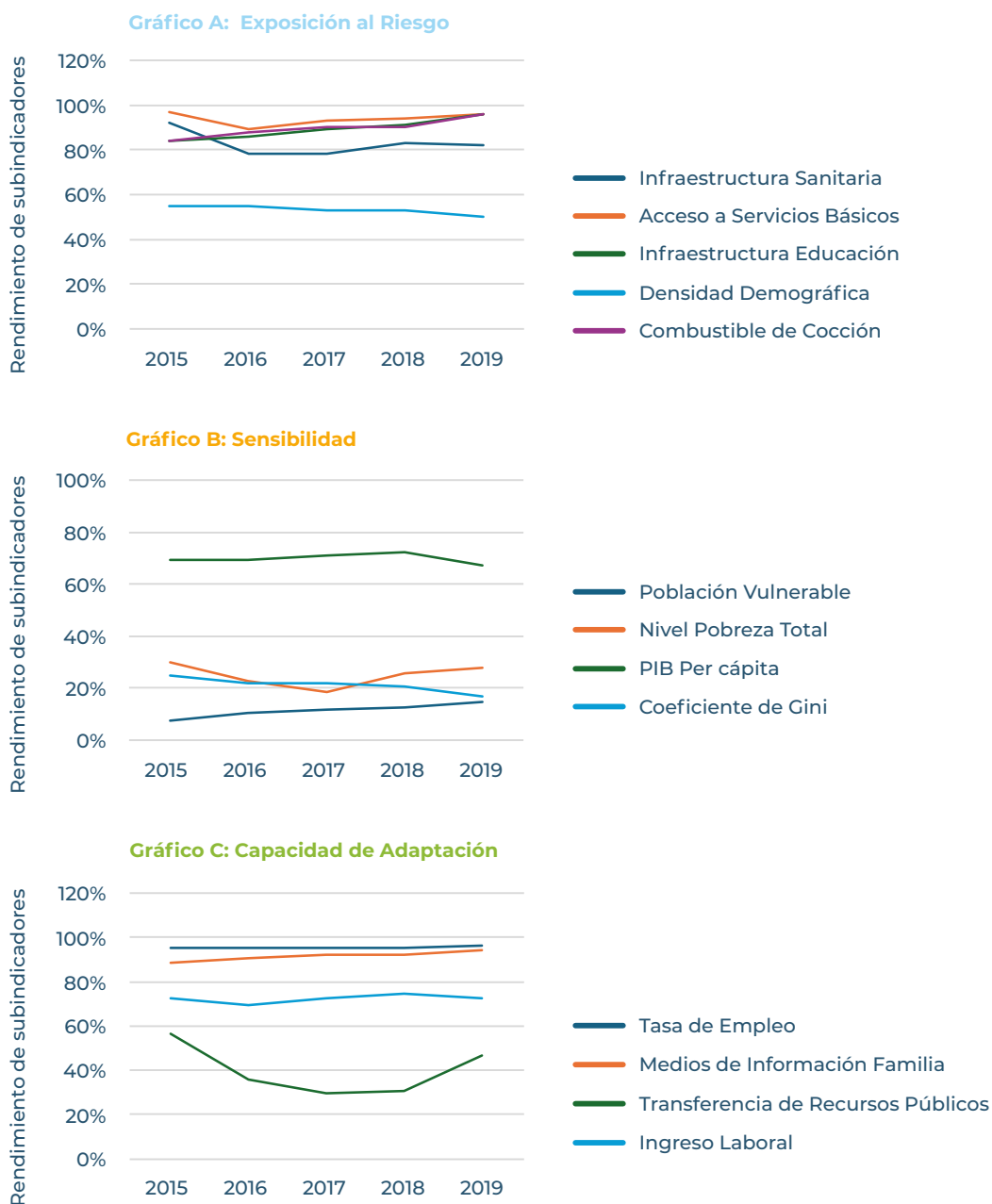
⁵⁸ JICA (2020). *Itapúa: Diagnóstico de Uso de la Tierra y Actividades Agropecuarias*. Agencia de Cooperación Internacional del Japón.

⁵⁹ Instalación de la fábrica de *Brinquedos Estrela* en Hernandarias, Paraguay, inaugurada en febrero de 2017. Esta planta fabril, con una inversión inicial de aproximadamente 2 millones de dólares, se dedica a la producción de juguetes con componentes eléctricos y a batería, como carritos, coches y motocicletas.

⁶⁰ Desde la implementación del régimen de maquila en Paraguay en 2001, el sector ha experimentado un crecimiento significativo. Para el primer semestre de 2023, la inversión total acumulada en industrias maquiladoras alcanzó los 1.002 millones de dólares, con 278 empresas operando bajo este régimen y generando más de 22.000 empleos directos.

⁶¹ Instituto Nacional de Estadística (INE). (2022). *Compendio Estadístico 2022*. Asunción, Paraguay

Figura 33. Gráficos comparativos sobre la evolución de los indicadores y subindicadores de Vulnerabilidad y Resiliencia del 2015 al 2019 (método PHD) del departamento de Itapúa.



El rendimiento de los criterios de **exposición al riesgo** muestra una tendencia de mejora en algunos subindicadores, mientras que otros presentan fluctuaciones o disminuciones. La infraestructura sanitaria ha fluctuado entre 78% y 92% durante el período 2015-2019, mostrando una ligera mejora en 2019 con un 82%. El acceso a servicios básicos ha mostrado una mejora constante, pasando de 97% en 2015 a 96% en 2019.

La infraestructura educativa ha mantenido un rendimiento relativamente estable, con una mejora de 84% en 2015 a 96% en 2019. La densidad demográfica ha mostrado una disminución constante, pasando de 55% en 2015 a 50% en 2019. El uso de combustibles más limpios ha mejorado significativamente, pasando de 84% en 2015 a 96% en 2019.

La **sensibilidad** del departamento muestra un rendimiento mixto. El PIB per cápita es el único subindicador que puede ser clasificado como de buen rendimiento, aunque con deficiencias para explicar la riqueza individual de una población. La población vulnerable ha crecido entre los años 2015 y 2019, pasando de 8% a 15%.

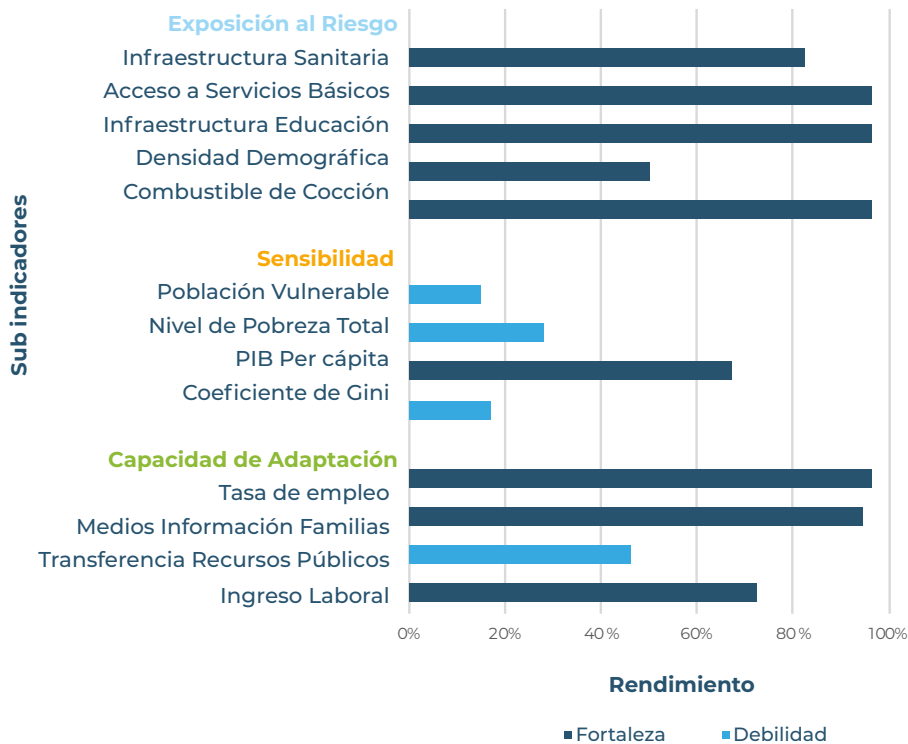
El indicador de pobreza total ha fluctuado del 19% al 30% en el periodo analizado, lo que sugiere una mejoría objetiva. El subindicador de coeficiente de Gini ha disminuido, pasando de 25% en 2015 a 17% en 2019, lo que indica una mayor concentración de renta. Esta combinación de resultados indica sensibilidades sociales a ser abordadas desde el ámbito de políticas públicas.

Los subindicadores referentes a la **capacidad de adaptación** muestran un buen rendimiento en casi todos los subindicadores, con excepción de lo referente a la transferencia de recursos. La tasa de empleo ha mantenido un rendimiento elevado y constante, fluctuando ligeramente entre 95% y 96% durante el período 2015-2019.

Los medios de información familiar han mostrado una mejora constante, pasando de 88% en 2015 a 94% en 2019. La transferencia de recursos públicos ha mostrado una fluctuación significativa, pasando de 56% en 2015 a 46% en 2019. El rendimiento del ingreso laboral ha fluctuado ligeramente, pasando de 72% en 2015 a 74% en 2018, y luego disminuyendo a 72% en 2019.

El siguiente gráfico de dominancia identifica como fortalezas el acceso a servicios básicos, infraestructura educativa, los medios de información familiar y la tasa de empleo elevada. Las debilidades se encuentran en la población vulnerable, el nivel de pobreza total, el coeficiente de Gini y las transferencias de recursos públicos.

Figura 34. Gráfico de dominancia de fortalezas y debilidades en los indicadores y subindicadores de vulnerabilidad y resiliencia del departamento de Itapúa.



Para mejorar la resiliencia del Departamento de Itapúa, es necesario incrementar las transferencias de recursos y promover la equidad social y territorial. Además, se debe modernizar la infraestructura sanitaria, fortalecer el acceso a servicios básicos y ampliar la cobertura educativa. Implementar proyectos integrales que reduzcan los niveles de pobreza y desigualdad especialmente orientados a la población vulnerable, integrando sostenibilidad ambiental y mejora social.

4. 4. 4. Departamento de Alto Paraná

El Departamento de Alto Paraná es una región altamente productiva en Paraguay, con una economía fuerte en la agricultura. Es el principal productor de soja y maíz a nivel nacional, con el 26.8% y el 50% de la producción total respectivamente. Además, ocupa el segundo lugar en producción de trigo, con 29% de la producción nacional. En ganadería, representa el 1.4%.

Es el segundo productor de papa y el tercer productor de tomate. En términos de empresas, Alto Paraná cuenta con 33.194 empresas activas, siendo el sector comercial el más representativo con el 53,4%, seguido por el sector de servicios con 33,5%, y la industria con 13,1%⁶².

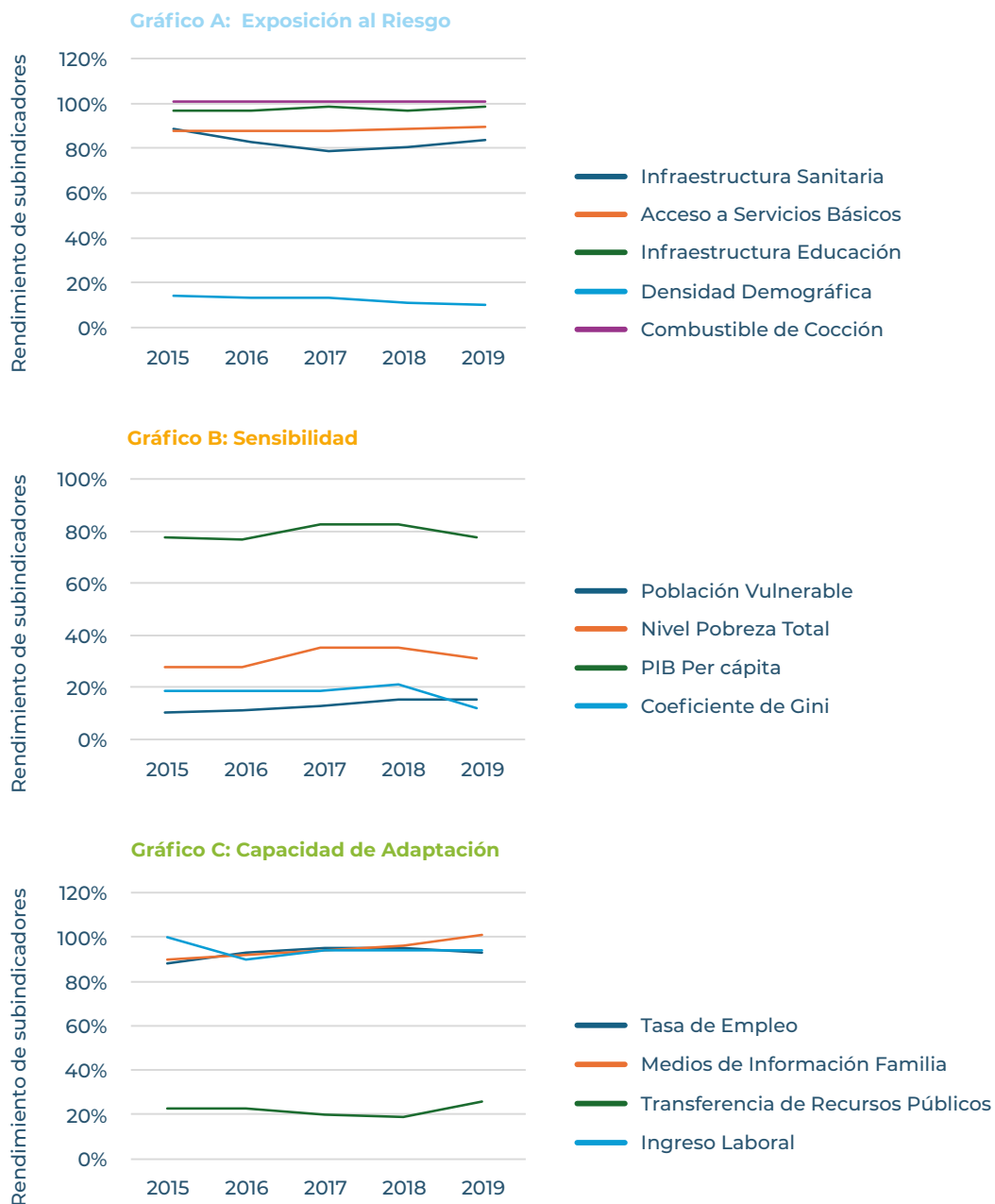
Figura 35. Mapa de resiliencia del Departamento de Alto Paraná.



En la figura 36, se muestra el análisis de la evolución de los indicadores y subindicadores de vulnerabilidad y resiliencia del Departamento de Alto Paraná.

62 Instituto Nacional de Estadística (INE). (2022). *Compendio Estadístico 2022*. Asunción, Paraguay

Figura 36. Gráficos comparativos sobre la evolución de los indicadores y subindicadores de Vulnerabilidad y Resiliencia del 2015 al 2019 (método PHD) del Departamento de Alto Paraná.



El rendimiento de los criterios de **exposición al riesgo** muestra una tendencia de fluctuación en algunos subindicadores, mientras que otros presentan mejoras. La infraestructura sanitaria ha fluctuado entre 78% y 88% durante el período 2015-2019, mostrando una ligera mejora en 2019 con un 83%. El acceso a servicios básicos ha mostrado una mejora constante, pasando de 87% en 2015 a 89% en 2019.

La infraestructura educativa ha mantenido un rendimiento elevado y constante, fluctuando ligeramente entre 96% y 98% durante el período 2015-2019. La densidad demográfica ha mostrado una disminución constante, pasando de 14% en 2015 a 10% en 2019. El uso de combustibles más limpios ha mantenido un rendimiento perfecto de 100% durante todo el período.

La **sensibilidad** del Departamento muestra un rendimiento mixto. El PIB per cápita es el único subindicador que puede ser clasificado como de buen rendimiento, aunque con deficiencias para explicar la riqueza individual de una población.

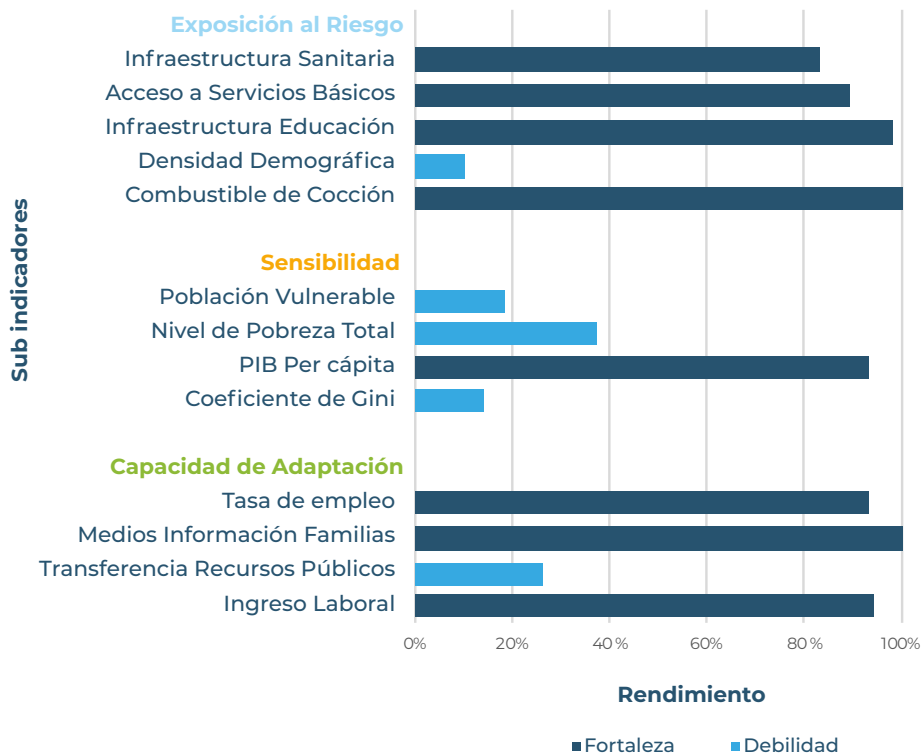
El indicador de población vulnerable ha mejorado entre los años 2015 y 2019, pasando de 12% a 18%. La pobreza total ha fluctuado, manteniéndose entre 33% y 42%, lo que sugiere una leve mejoría. El coeficiente de Gini ha disminuido en el año 2019, pasando de 22% en 2015 a 14%, lo que indica una mayor concentración de renta y mayor brecha de desigualdad.

Los subindicadores referentes a la **capacidad de adaptación** muestran un buen rendimiento en casi todos los subindicadores, con excepción de lo referente a la transferencia de recursos. La tasa de ocupación ha mantenido un rendimiento elevado y constante, fluctuando ligeramente entre 88% y 95% durante el período 2015-2019.

Los medios de información familiar han mostrado una mejora constante, pasando de 90% en 2015 a 101% en 2019. La transferencia de recursos públicos ha mostrado una fluctuación significativa, pasando de 23% en 2015 a 26% en 2019. El rendimiento del ingreso laboral ha mantenido un rendimiento elevado y constante, fluctuando ligeramente entre 90% y 100% durante el período 2015-2019.

El siguiente gráfico de dominancia permite identificar las fortalezas incluyendo el acceso a servicios básicos, infraestructura educativa, los medios de información familiar y la tasa de empleo elevada. Las debilidades se encuentran en la densidad demográfica, la población vulnerable, el nivel de pobreza total, el coeficiente de Gini y las transferencias de recursos públicos.

Figura 37. Gráfico de dominancia de fortalezas y debilidades en los indicadores y subindicadores de vulnerabilidad y resiliencia del Departamento de Alto Paraná.



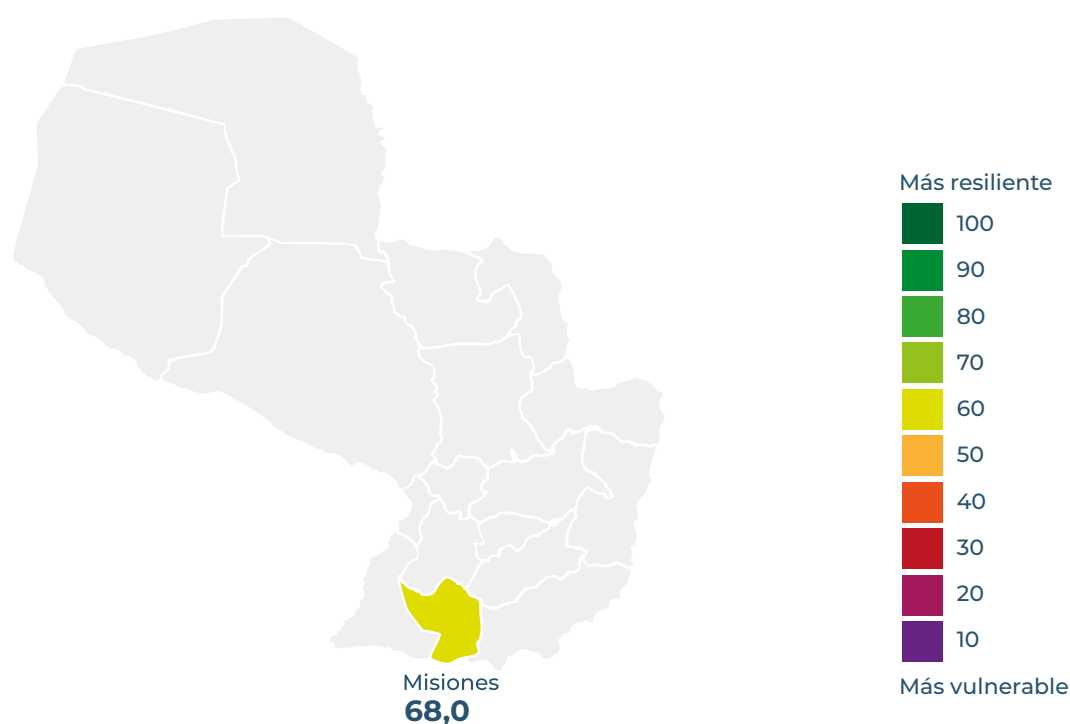
Para mejorar la resiliencia del Departamento de Alto Paraná, es necesario incrementar las transferencias de recursos y promover la equidad territorial. Además, se debe modernizar la infraestructura sanitaria, fortalecer el acceso a servicios básicos y ampliar la cobertura educativa. Implementar proyectos que reduzcan la pobreza y vulnerabilidad, integrando sostenibilidad ambiental y mejora social, también es crucial.

4. 4. 5. Departamento de Misiones

El departamento de Misiones basa su actividad económica principalmente en la ganadería vacuna, con presencia también de ganado porcino, ovino, equino y caprino. La actividad agrícola es de escala reducida, pero se cultivan arroz, soja, maíz, naranjas, caña de azúcar, batatas y algodón, entre otros.

Misiones tiene el 3.3% de la producción de ganado vacuno en todo el país. El 98.7% de las empresas en el departamento son micro, pequeñas y medianas empresas (MIPYMES), que emplean al 82.2% de la fuerza laboral, mientras que las grandes empresas sólo representan el 1.3% de las unidades económicas y emplean al 8% de la mano de obra local. En términos de empresas activas, de las 3.972 en Misiones, el 51,0% se encuentra en el sector comercial, el 33,7% en servicios y el 15,3% en la industria.⁶³

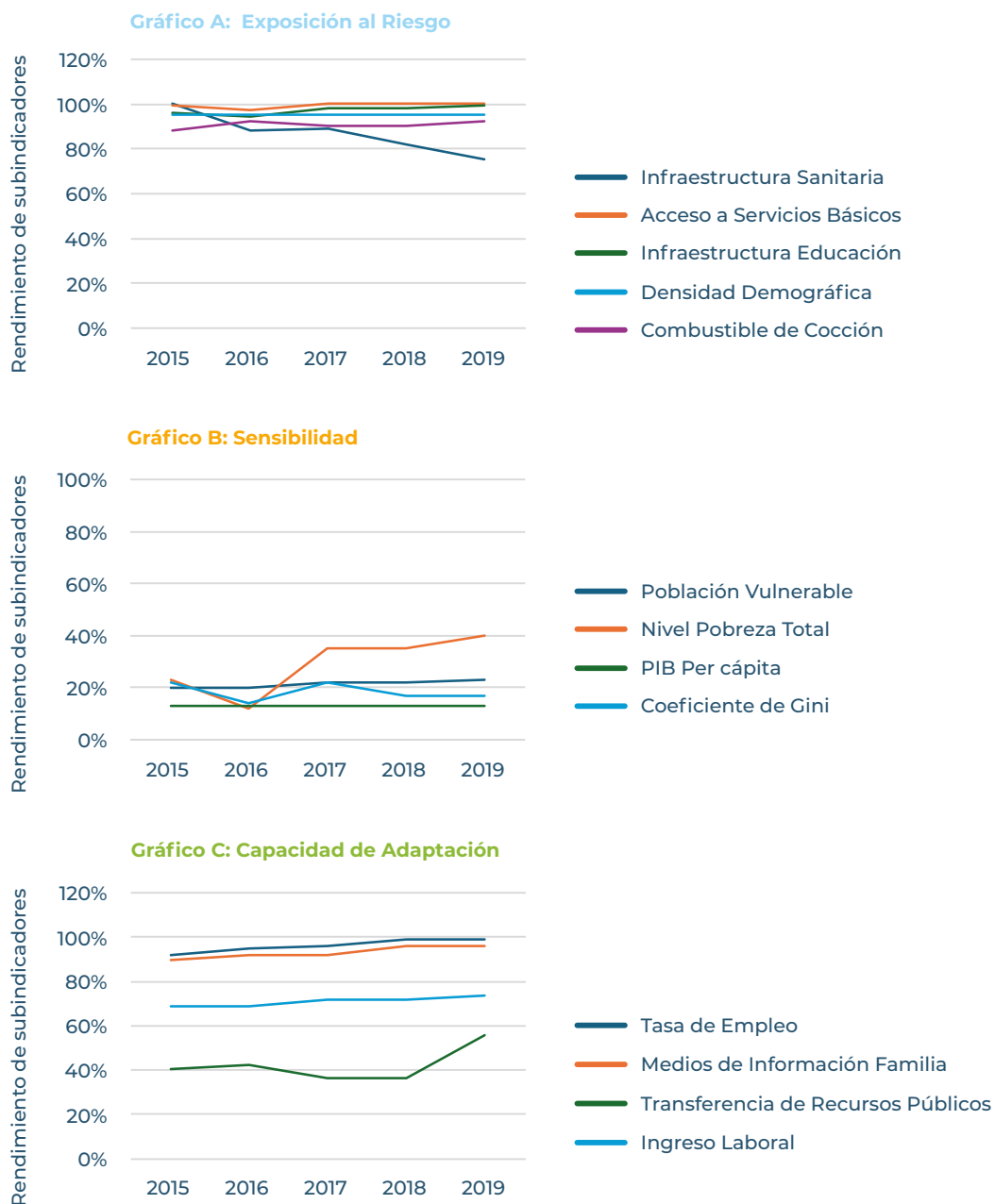
Figura 38. Mapa de resiliencia del Departamento de Misiones.



En la figura 39, se encuentra el análisis de la evolución de los indicadores y subindicadores de vulnerabilidad y resiliencia del Departamento de Misiones.

⁶³ Instituto Nacional de Estadística (INE). (2022). *Compendio Estadístico 2022*. Asunción, Paraguay

Figura 39. Gráficos comparativos sobre la evolución de los indicadores y subindicadores de Vulnerabilidad y Resiliencia del 2015 al 2019 (método PHD) del departamento de Misiones.



El rendimiento de los criterios de **exposición al riesgo** muestra un buen desempeño en casi todos los subindicadores, aunque la infraestructura sanitaria ha experimentado un retroceso. La infraestructura sanitaria ha fluctuado entre 75% y 100% durante el período 2015-2019, mostrando una disminución en 2019 con un 75%. El acceso a servicios básicos ha mantenido un rendimiento perfecto de 100% durante los últimos tres años.

La infraestructura educativa ha mantenido un rendimiento elevado y constante, fluctuando ligeramente entre 94% y 99% durante el período 2015-2019. La densidad demográfica ha mantenido un rendimiento constante de 95% durante todo el período. El uso de combustibles más limpios ha fluctuado ligeramente, pasando de 88% en 2015 a 92% en 2019.

La **sensibilidad** del departamento muestra un rendimiento bajo y constante en todos los subindicadores. Sin embargo, el subindicador de nivel de pobreza total ha presentado una mejora significativa del 12% al 40%, con una tendencia ascendente a lo largo del periodo. El desempeño del subindicador de población vulnerable ha mejorado ligeramente entre los años 2015 y 2019, pasando de 20% a 23%.

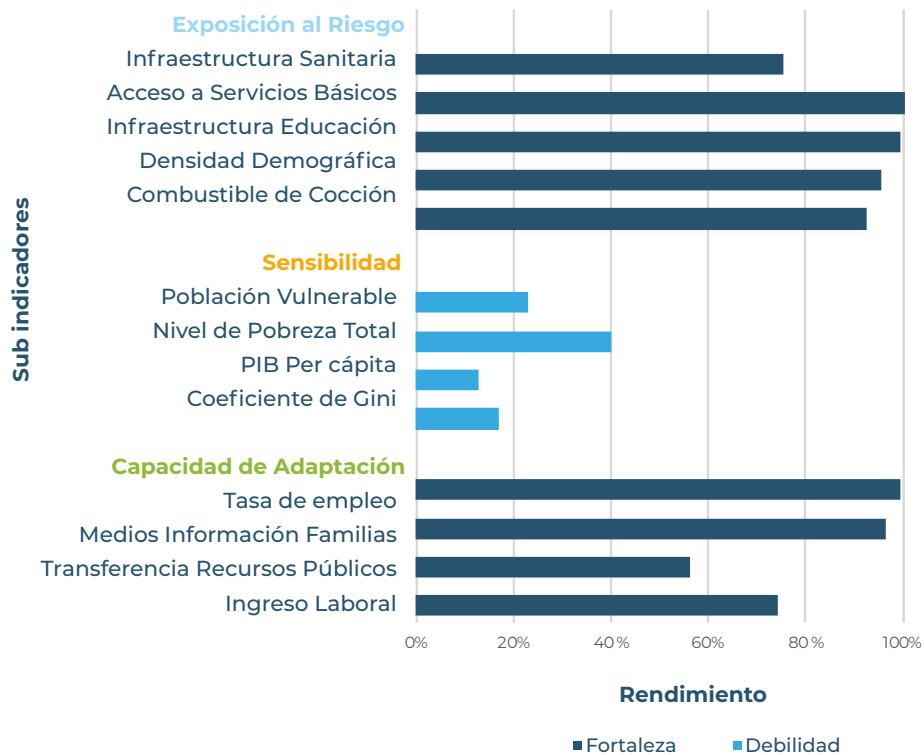
El coeficiente de Gini ha empeorado al final del periodo, pasando de 22% en 2015 a 17% en 2019, indicando una mayor concentración de renta y brecha de desigualdad.

Los subindicadores referentes a la **capacidad de adaptación** muestran un buen rendimiento en casi todos los subindicadores, con excepción de lo referente a la transferencia de recursos. La tasa de empleo ha mantenido un rendimiento elevado y constante, fluctuando ligeramente entre 92% y 99% durante el período 2015-2019.

Los medios de información familiar han mostrado una mejora constante, pasando de 90% en 2015 a 96% en 2019. La transferencia de recursos públicos ha mostrado una fluctuación significativa, pasando de 41% en 2015 a 56% en 2019. El rendimiento del ingreso laboral ha mostrado una mejora, pasando de 69% en 2015 a 74% en 2019.

En el gráfico de dominancia abajo, se identifican las fortalezas que incluyen el acceso a servicios básicos, infraestructura educativa, los medios de información familiar y la tasa de empleo elevada. Las debilidades se encuentran en la población vulnerable, el nivel de pobreza total, el coeficiente de Gini y PIB per cápita.

Figura 40. Gráfico de dominancia de fortalezas y debilidades en los indicadores y subindicadores de vulnerabilidad y resiliencia del departamento de Misiones.



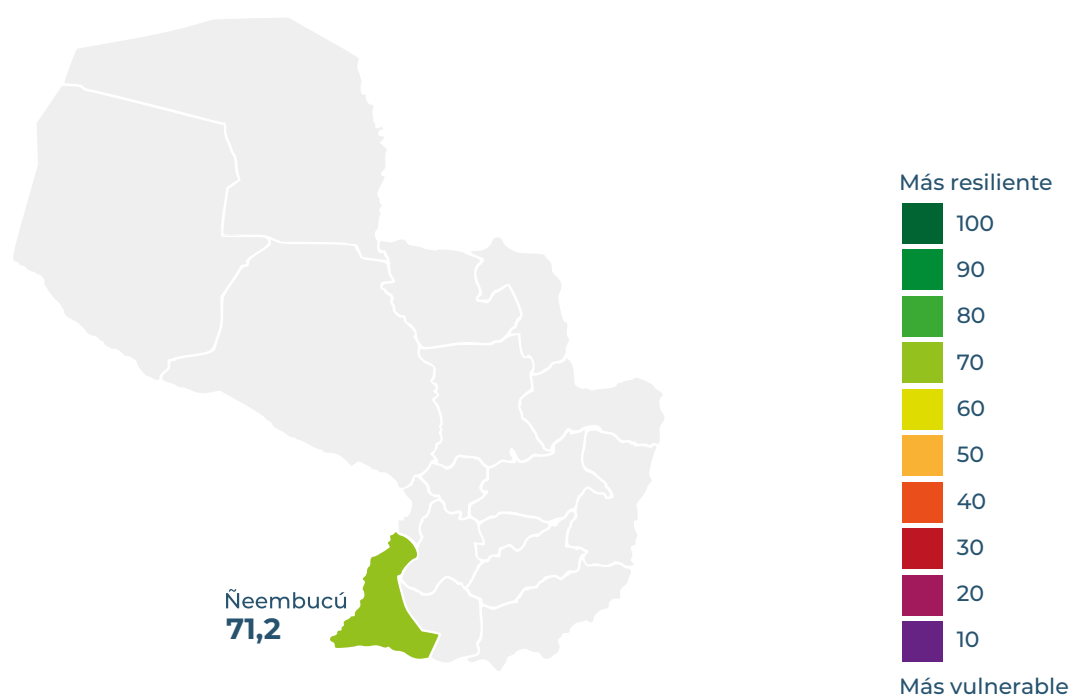
Para mejorar la resiliencia del Departamento de Misiones, es necesario incrementar las transferencias de recursos y promover la equidad territorial. Además, se debe modernizar la infraestructura sanitaria, fortalecer el acceso a servicios básicos y ampliar la cobertura educativa. Implementar proyectos que reduzcan la pobreza (Población en pobreza total, Evolución de la brecha pobreza total) y vulnerabilidad integrando sostenibilidad ambiental y mejora social, también es crucial.

4. 4. 6. Departamento de Ñeembucú.

En el Departamento de Ñeembucú, la mayoría de las fincas tienen cultivos agrícolas en una escala muy baja, pero su principal enfoque económico es la producción pecuaria. El departamento alberga el 3,9% de la producción nacional de ganado vacuno, con una mayoría de productores de pequeño porte⁶⁴.

Ñeembucú está experimentando un desarrollo significativo en la producción de arroz de riego a gran escala, aprovechando sus condiciones favorables en cuanto a la disponibilidad de agua. El Departamento también cuenta con un proyecto de maquila en funcionamiento con una inversión de 488 mil dólares. En cuanto a las empresas activas, de las 2,612 en Ñeembucú, el 54,4% pertenece al sector comercial, el 28,9% al sector de servicios y el 16,7% a la industria⁶⁵.

Figura 41. Mapa de resiliencia del Departamento de Ñeembucú.

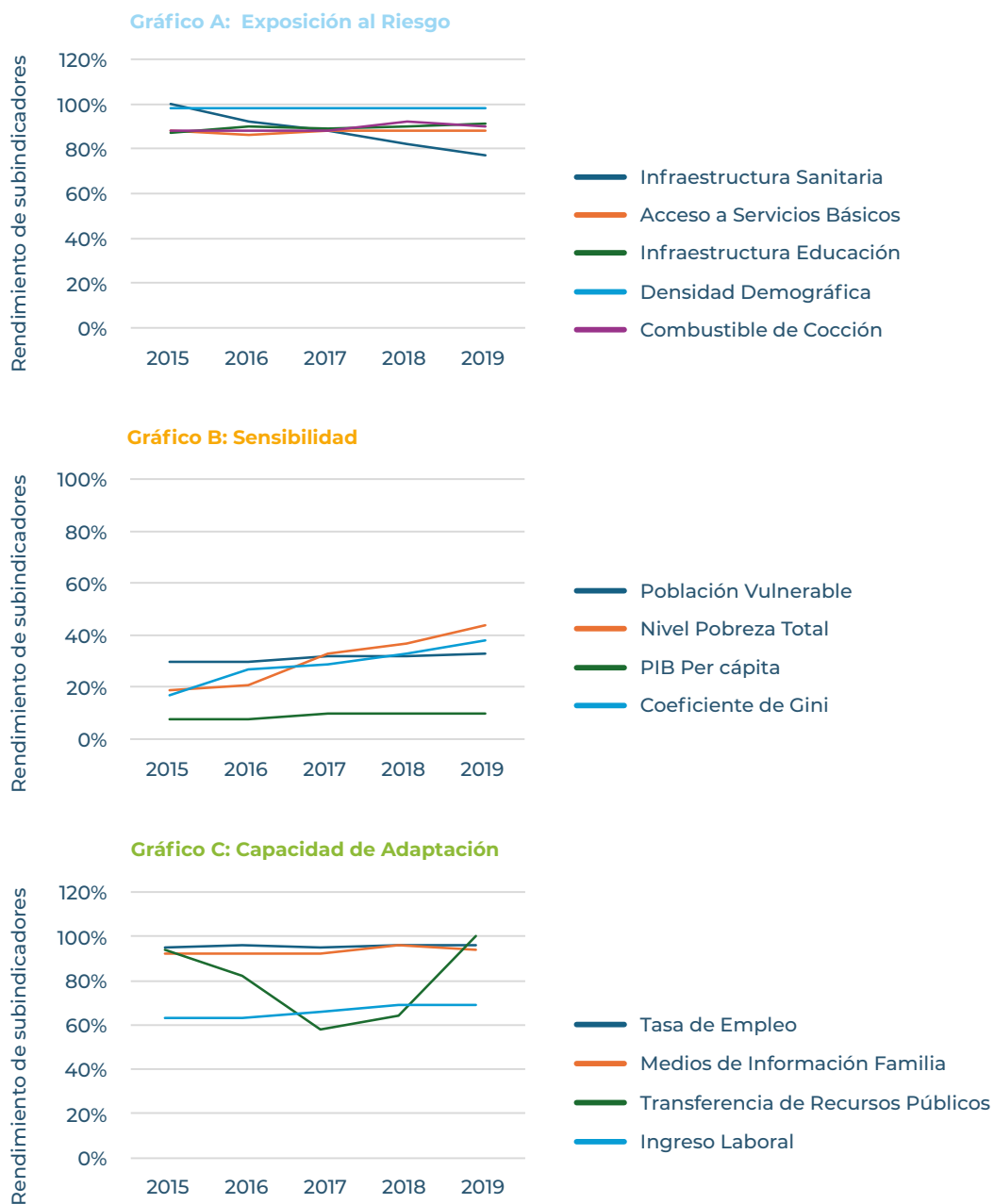


En la figura 42, se encuentra el análisis de la evolución de los indicadores y subindicadores de vulnerabilidad y resiliencia del Departamento de Ñeembucú.

⁶⁴ Instituto Nacional de Estadística (INE). (2022). *Compendio Estadístico 2022*. Asunción, Paraguay

⁶⁵ Observatorio Sinafocal. (2024). Datos departamentales de Ñeembucú, Paraguay.

Figura 42. Gráficos comparativos sobre la evolución de los indicadores y subindicadores de Vulnerabilidad y Resiliencia del 2015 al 2019 (método PHD) del Departamento de Ñeembucú.



El rendimiento de los indicadores de **exposición al riesgo** muestra un buen desempeño en casi todos los subindicadores, aunque la infraestructura sanitaria ha experimentado un retroceso. La infraestructura sanitaria ha fluctuado entre 77% y 100% durante el período 2015-2019, mostrando una disminución en 2019 con un 77%. El acceso a servicios básicos ha mantenido un rendimiento constante de 88% durante todo el período.

La infraestructura educativa ha mantenido un rendimiento relativamente estable, fluctuando ligeramente entre 87% y 91% durante el período 2015-2019. La densidad demográfica ha mantenido un rendimiento constante de 98% durante todo el período. El uso de combustibles más limpios ha fluctuado ligeramente, pasando de 88% en 2015 a 90% en 2019.

La **sensibilidad** del Departamento muestra un rendimiento bajo en todos los indicadores. Sin embargo, el subindicador de nivel de pobreza ha presentado una mejora significativa, con una tendencia a crecer a lo largo del periodo. El subindicador de población vulnerable ha mejorado entre los años 2015 y 2019, pasando de 30% a 33%.

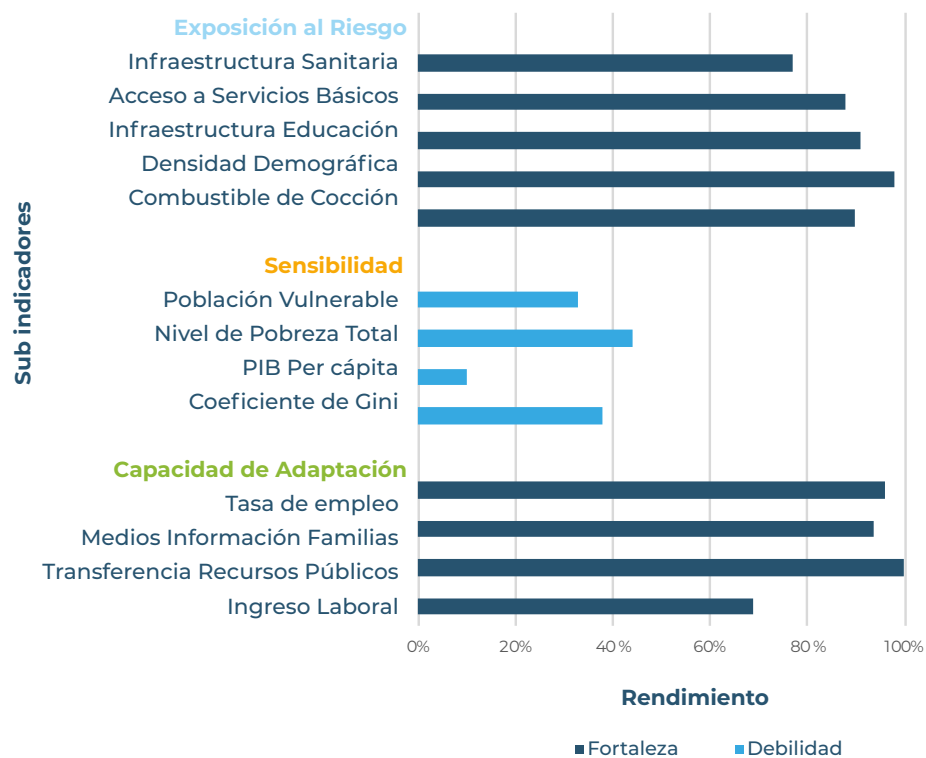
El subindicador de coeficiente de Gini ha aumentado al final del periodo, pasando de 17% en 2015 a 38% en 2019, indicando menor concentración de renta y mejoría en términos de desigualdad social.

Los subindicadores referentes a la **capacidad de adaptación** muestran un excelente rendimiento en casi todos los subindicadores, teniendo el ingreso laboral como el que menor rendimiento. Sin embargo, este indicador ha crecido a una tasa de 3% anual a partir del año 2016. La tasa de ocupación ha mantenido un rendimiento elevado y constante, fluctuando ligeramente entre 95% y 96% durante el período 2015-2019.

Los medios de información familiar han mostrado una mejora constante, pasando de 92% en 2015 a 94% en 2019. La transferencia de recursos públicos ha mostrado una fluctuación significativa, pasando de 94% en 2015 a 100% en 2019. El rendimiento del ingreso laboral ha mostrado una mejora, pasando de 63% en 2015 a 69% en 2019.

En el siguiente gráfico de dominancia, las fortalezas incluyen la densidad demográfica, la transferencia de recursos públicos, medios de información para familias y la tasa de empleo elevada. Las debilidades se encuentran en la población vulnerable, el nivel de pobreza total, el coeficiente de Gini y el ingreso laboral.

Figura 43. Gráfico de dominancia de fortalezas y debilidades en los indicadores y subindicadores de vulnerabilidad y resiliencia del Departamento de Ñeembucú.



Al considerar los resultados del análisis del Departamento de Ñeembucú, los indicadores que requieren más atención, para mejorar la resiliencia son: Población Vulnerable; Nivel Pobreza Total, PIB Per cápita y Coeficiente de Gini.

Las políticas gubernamentales desempeñan un papel crucial en la reducción de la brecha de pobreza. Los programas de bienestar social, la educación accesible, el cuidado de la salud y otras medidas pueden contribuir a la reducción de la brecha al proporcionar oportunidades y apoyo a quienes se encuentran en situación de pobreza.

4. 5. Hallazgos y recomendaciones

Los resultados de los índices de resiliencia muestran variaciones significativas. Ñeembucú presenta el índice de resiliencia más alto con un valor de 71,2. Misiones sigue con un índice de 68. Itapúa y Alto Paraná, ambos con un índice de 65,3. Canindeyú, con un índice de 63,5 y Caaguazú presenta el índice más bajo con 57,7; indicando una alta sensibilidad y baja capacidad de adaptación debido a su infraestructura sanitaria y educativa menos desarrollada y altos niveles de pobreza y desigualdad.

La mayoría de los Departamentos analizados se destacan por altos niveles de acceso a servicios básicos, infraestructura educativa y una elevada tasa de empleo. Estos elementos constituyen una base favorable para la resiliencia climática, especialmente en términos de adaptación económica y social, ya que facilitan la capacidad de las comunidades para enfrentar y recuperarse de los impactos del cambio climático. El acceso a servicios básicos asegura que las necesidades fundamentales de la población estén cubiertas, lo que reduce la vulnerabilidad ante eventos climáticos extremos.

La infraestructura educativa proporciona las herramientas necesarias para la formación y capacitación de la población, promoviendo una mayor conciencia y preparación frente a los desafíos climáticos. Una elevada tasa de empleo contribuye a la estabilidad económica, permitiendo a las familias invertir en medidas de adaptación y resiliencia. Sin embargo, estas fortalezas requieren una gestión sostenida para evitar retrocesos, especialmente en regiones con mejores índices como Itapúa y Alto Paraná. Es crucial mantener y mejorar estas fortalezas a través de políticas públicas que promuevan la inversión continua en infraestructura y servicios básicos.

Las mayores vulnerabilidades se encuentran en la densidad demográfica, infraestructura sanitaria y niveles críticos de pobreza y población vulnerable en departamentos como Caaguazú y Canindeyú. La desigualdad, medida por el Coeficiente de Gini, refleja una distribución inequitativa de recursos, afectando la cohesión social y la capacidad de respuesta a eventos climáticos adversos. Estas brechas deben ser abordadas con políticas focalizadas y redistributivas. Además, es necesario implementar programas de desarrollo comunitario que fortalezcan la cohesión social y mejoren la capacidad de respuesta local.

Es importante reconocer que estudios previos han contribuido a valorar la resiliencia del sector energía en temas de adaptación al cambio climático en Paraguay. El MADES, en la Cuarta Comunicación Nacional de Paraguay a la CMNUCC (2022)⁶⁶ utiliza **el Notre Dame Global Adaptation Index (ND-GAIN)**, un índice que mide la vulnerabilidad y la capacidad de adaptación al cambio climático, aplicándolo a los siete sectores prioritarios de adaptación, incluyendo el sector energía. Es importante aclarar que este índice ND-GAIN fue ajustado para Paraguay y el MADES consideró ciertos indicadores para el sector en base a la disponibilidad de información en contraste a todos los indicadores que propone el ND-GAIN⁶⁷.

Los resultados del ND-GAIN ajustado para Paraguay y los índices de vulnerabilidad y resiliencia calculados para los departamentos de Canindeyú, Caaguazú, Alto Paraná, Itapúa, Misiones y Ñeembucú muestran diferencias en la resiliencia del sector Energía al cambio climático.

Por ejemplo, Caaguazú, con un índice de resiliencia de 57.7 y un ND-GAIN de 45 es considerado por el índice como el departamento más vulnerable, seguido por Canindeyú, con un valor y un índice de resiliencia de 63.5 y ND-GAIN de 39. En este sentido, ambos índices consideran a Canindeyú como uno de los más vulnerables de la muestra, aunque difieren en las capacidades de Caaguazú. Itapúa y Alto Paraná resultaron con valores similares (65,3 para ambos) para el índice de resiliencia, y sin embargo, en el ND-GAIN ajustado para Energía en Paraguay resultaron con valores de 46 y 39 respectivamente.

Los Departamentos mejor posicionados según el índice de resiliencia fueron Misiones y Ñeembucú (68 y 71,2 respectivamente), mientras que el ND-GAIN los ubicó a ambos con valores de 45. En este sentido, para el total de departamentos considerados en este estudio, el ND-GAIN identifica a estos dos departamentos con los valores más altos del índice, solo superados por Itapúa. Así, ambos índices resaltan la mayor resiliencia de Misiones y Ñeembucú. Por otro lado, las diferencias más grandes se ven en Alto Paraná y en Caaguazú.

Se resalta que los indicadores utilizados por estos índices presentan algunas similitudes, pero así también puntos particulares de cada índice. Así, se puede entender las diferencias en los resultados obtenidos, ya que las metodologías e indicadores han sido propios de cada estudio. A continuación, se resumen los valores de cada índice por Departamento, así como el tipo de indicador utilizado por cada uno para la obtención del resultado del índice.

⁶⁶ Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADES). (2023). *Cuarta Comunicación Nacional de Paraguay a la CMNUCC*. MADES/PNUD/FMAM.

⁶⁷ Véase país Paraguay y perfil de país para observar la lista de indicadores que conforman el índice calculado para Paraguay <https://gain.nd.edu/our-work/country-index/rankings/>

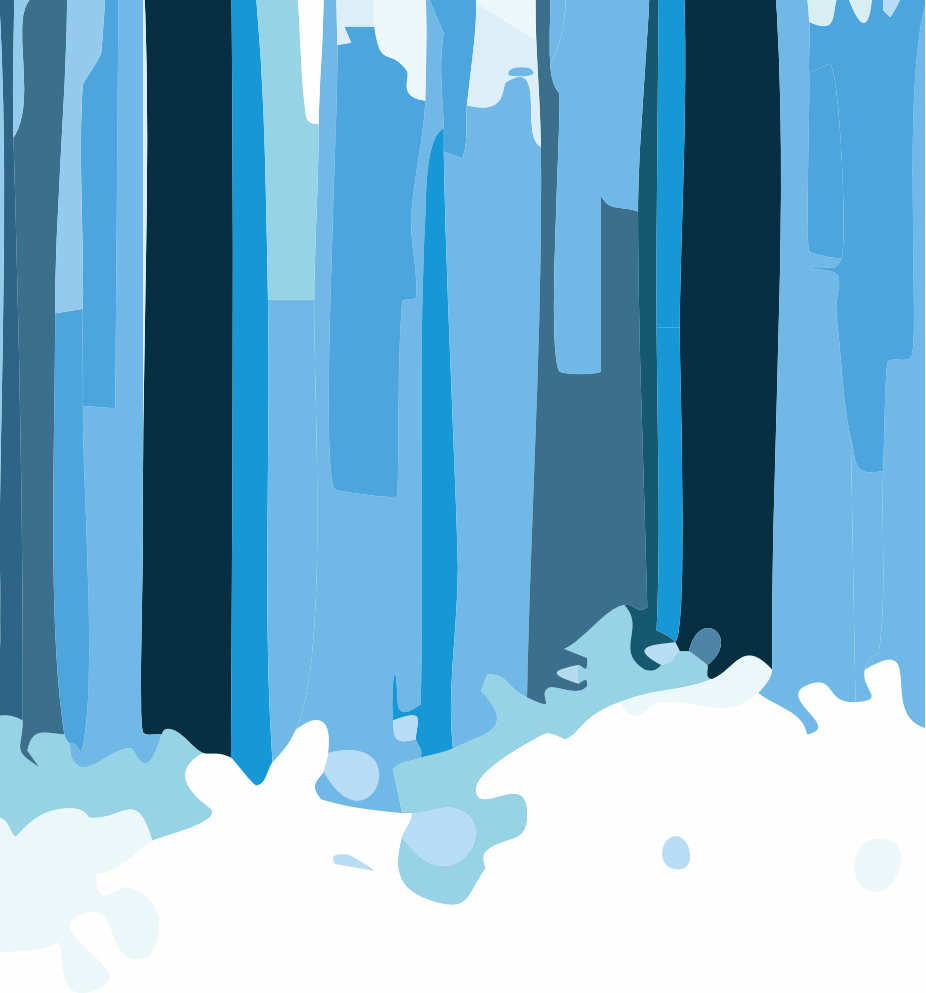
Tabla 8. Resumen los valores índices ND-GAIN y el índice de vulnerabilidad y resiliencia por Departamento calculado en este estudio.

Departamentos	IVR (0-100)	Indicadores considerados para Índice de Vulnerabilidad y Resiliencia (IVR)	ND-GAIN (0-100)	Indicadores considerados para ND-GAIN
Caaguazú	57,7	→ Para la exposición al riesgo, se consideran aspectos estructurales como infraestructura sanitaria, acceso a servicios básicos, infraestructura en educación, densidad demográfica, combustible de cocción. → Para la sensibilidad se considera el nivel de pobreza total, la población vulnerable, la desigualdad, y el PIB. → Para la capacidad de adaptación se consideran los ingresos promedio, tasa de empleo, transferencia de recursos a departamentos y medios de información de las familias	45	→ Se basa en vulnerabilidades como densidad poblacional por departamento, cantidad de comunidades indígenas por departamento, cantidad de cauces hídricos que poseen sistemas de generación de energía hidroeléctrica, cantidad de ríos principales que cruzan por departamento, porcentaje de la población que utilizan biomasa como sistema de cocción, porcentaje de disminución de bosques protectores por departamentos.
Canindeyú	63,5		39	
Itapúa	65,3		46	
Alto Paraná	65,3		39	→ Utiliza capacidades como porcentaje de la población con suministro de energía eléctrica, porcentaje de la población indígena con suministro de energía eléctrica, porcentaje de los municipios que tienen Sistema de Alerta Temprana (SAT) ante tormentas eléctricas por departamento, porcentaje de medidas relacionadas a la utilización de energías renovables por departamento.
Misiones	68		45	
Ñeembucú	71,2		45	

Fuente: Elaboración propia a base de la CCN y el diagnóstico de vulnerabilidad y resiliencia.

Ambos estudios proponen una aproximación a estimar la resiliencia de los departamentos estudiados ante el cambio climático. Se destaca la importancia de abordar el cambio climático tanto desde la implementación de medidas de adaptación como desde la evaluación de la resiliencia local. Esto permite una comprensión más detallada de las necesidades y fortalezas de cada región en materia de capacidades de adaptación, facilitando la formulación de medidas de adaptación específicas y efectivas para enfrentar los desafíos del cambio climático.

Para fortalecer la capacidad de adaptación y minimizar la exposición y sensibilidad al cambio climático, se debe priorizar inversiones en infraestructura sanitaria, aumentar las transferencias públicas en los departamentos más rezagados, e implementar programas integrales de reducción de pobreza. Además, las políticas públicas deben centrarse en mejorar la equidad social y potenciar mecanismos de soporte económico que beneficien directamente a las poblaciones vulnerables. La colaboración entre el gobierno central, departamental y municipal, el sector privado y las organizaciones no gubernamentales es esencial para el éxito de estas iniciativas.



CAPÍTULO 5

Plan Nacional de Adaptación a la Vulnerabilidad y al Cambio Climático: Sector Energía-Paraguay

Como paso previo a la propuesta final del plan fue realizada una socialización de los resultados del análisis del presente estudio con los actores⁶⁸ institucionales claves involucrados en el proceso, con el objetivo de validar la estructura propuesta y recabar información adicional que aporte al planteamiento de los objetivos del nuevo plan.

Tabla 9. Estructura de la propuesta del Plan Nacional de Adaptación a la Vulnerabilidad y al Cambio Climático: Sector Energía-Paraguay.

PROGRAMAS	MEDIDAS	ACTORES PRINCIPALES
PROGRAMA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA	→ Proyecto de Ley UREE → Financiamiento de EE (AFD/BID) → Fogones eficientes/cocción limpia/ sectores más vulnerables	→ VMME/MOPC/MADES → CNEE, MDS → GOBERNACIONES Y MUNICIPIOS
PROGRAMA DE PROTECCIÓN DE CUENCAS Y SUBCUENCAS HIDROGRÁFICAS – RÍO PARANÁ	→ Plan de gestión de las subcuencas de Acaray-Yguazu → Planes de reforestación de bosques protectores – Entidades Binacionales → Sistema de monitoreo de las subcuencas del río Paraná (Paraguay)	→ ANDE → ENTIDADES BINACIONALES → INFONA → MADES → GOBERNACIONES Y MUNICIPIOS
PROGRAMA DE REDES ELÉCTRICAS RESILIENTES	→ Plan maestro de transmisión – ANDE → Plan maestro de distribución - ANDE	→ ANDE → ENTIDADES BINACIONALES → VMME/MOPC
PROGRAMA DE GESTIÓN DE CONOCIMIENTO SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO Y MEDIDAS DE ADAPTACIÓN PARA EL SECTOR ENERGÉTICO	→ Estudios/análisis sobre la vulnerabilidad del sector energético ante el cambio climático → Capacitación de profesionales → Concienciación de la población	→ VMME/MOPC/MADES → CNCC, ANDE → ENTIDADES BINACIONALES → GOBERNACIONES Y MUNICIPIOS
PROGRAMA DE DIVERSIFICACIÓN DE LAS FUENTES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA EN SISTEMAS AISLADOS	→ Plan maestro de generación de la ANDE → Ley 6977/2023 y decretos reglamentarios	→ ANDE → VMME/MOPC → GOBERNACIONES Y MUNICIPIOS

Fuente: Elaboración propia.

El **Plan Nacional de Adaptación a la Vulnerabilidad y al Cambio Climático: Sector Energía-Paraguay** tiene como objetivo general Fortalecer la resiliencia del sector energético nacional frente a los impactos del cambio climático, con un enfoque específico en los sistemas hidroeléctricos de la cuenca del río Paraná y propone mantener los objetivos para el sector energético en su conjunto, con atención a las comunidades vulnerables.

Figura 44. Objetivos del Plan Nacional de Adaptación a la Vulnerabilidad y al Cambio Climático: Sector Energía-Paraguay.



Fuente: Elaboración propia.

Objetivo 12–Aumentar la resiliencia en las comunidades vulnerables a través de una mejor provisión de energía eléctrica

Objetivo 13–Proteger y restaurar los cauces hídricos en subcuencas prioritarias para la generación hidroeléctrica.

Objetivo 14–Generar y promover el uso de fuentes de energías alternativas a la hidroeléctrica en comunidades vulnerables

En cuanto a la gestión del conocimiento, formación y creación de capacidades se plantea un objetivo transversal:

Objetivo Transversal – Promover la gestión del conocimiento local y específico del sector energético y su transferencia a profesionales de entidades y organismos relevantes para las medidas de adaptación.

La propuesta final del Plan se organiza en **7 estrategias sectoriales** con **4 programas** y **12 medidas**. Además, **3 estrategias transversales** con sus **3 medidas** agrupadas en **un programa** relacionado con la creación de capacidades.

Figura 45. Componentes del Plan Nacional de Adaptación a la Vulnerabilidad y al Cambio Climático: Sector Energía-Paraguay.



Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente tabla 10, una columna adicional indica la jerarquía de *alto* a *bajo* según el Análisis de Beneficios y Costos.

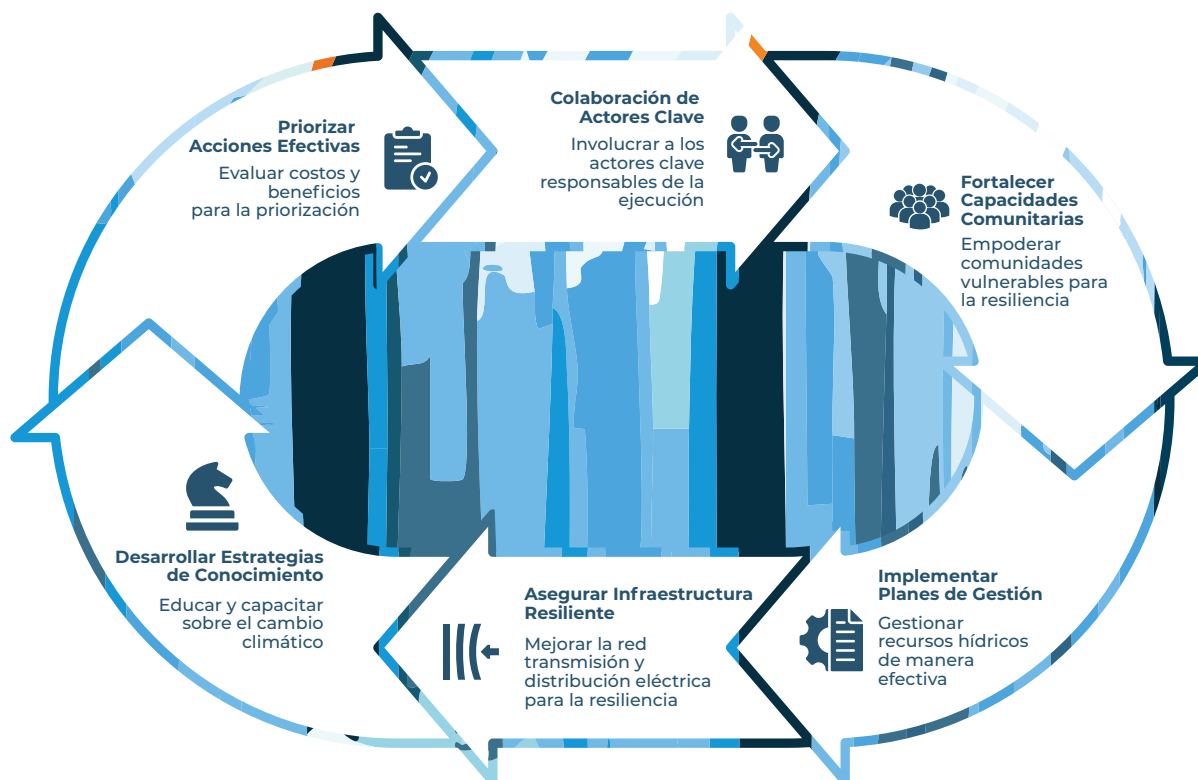
Tabla 10. Propuesta de Plan Nacional de Adaptación a la Vulnerabilidad y al Cambio Climático: Sector Energía-Paraguay. Objetivos, Estrategias, Instrumentos, Medidas, Actores Principales e Indicadores de seguimiento, organizados por rango del Análisis B/C

OBJETIVO	ESTRATEGIAS	INSTRUMENTOS	MEDIDAS
 12	Estrategia 12.1: Fortaleciendo la capacidad de la población en general y de las comunidades con vulnerabilidad social, en particular, así como del sector productivo con medidas que promuevan la racionalidad y eficiencia en el uso de la energía.	PROGRAMA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA	→ Impulso y desarrollo del proyecto de ley de uso racional y eficiente de energía (a ser presentado al congreso nacional) → Avance del financiamiento de proyectos de inversión en eficiencia energética (agencia financiera de desarrollo/BID), en ejecución. → Implementación de fogones eficientes/cocción limpia/sectores más vulnerables, con base en varios proyectos que se encuentran en ejecución
 13	Estrategia 13.1: Implementando planes de gestión de las subcuencas en territorio nacional que abastezcan a los embalses para la generación hidroeléctrica. Estrategia 13.2: Desarrollando la reforestación en peligro y en áreas consideradas relevantes para mitigar erosiones de suelo y movimiento de sedimentos a los embalses.	PROGRAMA DE PROTECCIÓN DE CUENCAS Y SUBCUENCAS HIDROGRÁFICAS – RÍO PARANÁ	→ Implementación del plan de gestión de las subcuencas de Acaray-Yguazu con recursos necesarios. → Desarrollo de planes de gestión de las subcuencas de las entidades binacionales con recursos necesarios. → Desarrollo de un sistema de monitoreo de las subcuencas del río Paraná (en territorio paraguayo) → Desarrollo de planes de reforestación en las subcuencas de los embalses de las centrales binacionales y nacionales.
 12	Estrategia 12.2: Implementando el plan de transmisión de la ANDE con los recursos necesarios y de manera oportuna. Estrategia 12.3: Implementando el plan de distribución de la ANDE con los recursos necesarios y de manera oportuna.	PROGRAMA DE REDES ELÉCTRICAS RESILIENTES	→ Ejecución del plan maestro de transmisión – ANDE con criterios incluidos de resiliencia al cambio climático. → Ejecución del plan maestro de distribución – ANDE con criterios de resiliencia al cambio climático.
 TRANS-VERSAL	Estrategia transversal T1: Generando conocimiento sobre la situación y las perspectivas de los sistemas de generación, transmisión y distribución ante los efectos del cambio climático. Estrategia transversal T2: Mediante la capacitación de los profesionales del sector eléctrico paraguayo. Estrategia transversal T3: Mediante campañas de concienciación de la población sobre los efectos del cambio climático.	PROGRAMA DE GESTIÓN DE CONOCIMIENTO SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO Y MEDIDAS DE ADAPTACIÓN PARA EL SECTOR ENERGÉTICO	→ Elaboración de estudios/análisis sobre la vulnerabilidad del sector energético y eléctrico en particular, ante el cambio climático. → Realización de acciones de capacitación de profesionales del sector eléctrico sobre el cambio climático y las medidas de adaptación. → Implementación de campañas regionales y por público objetivo de concienciación de la población sobre el impacto del cambio climático y sobre las medidas de adaptación.
 14	Estrategia 14.1: Implementando de manera oportuna el Plan Maestro de Generación de la ANDE. Estrategia 14.2: Desarrollando los mecanismos regulatorios que faciliten el uso de las fuentes renovables de energía mediante el aprovechamiento de recursos locales.	PROGRAMA DE DIVERSIFICACIÓN DE LAS FUENTES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA EN SISTEMAS AISLADOS	→ Ejecución del plan maestro de generación de la ANDE → Desarrollo (aguas abajo) de la ley 6977/2023 de fomento a las fuentes renovables de energía (a excepción de los aprovechamientos hidráulicos) y decretos reglamentarios. → Desarrollo de la ley 3009/2006 del productor y transportista independientes de energía eléctrica (en tratamiento la modificación parcial en el congreso nacional).

ACTORES PRINCIPALES	INDICADORES DE SEGUIMIENTO	RANGO DEL ANÁLISIS B/C
VMME/MOPC/MADES ANDE COMITÉ NACIONAL DE EFICIENCIA ENERGÉTICA (CON TODAS LAS INSTITUCIONES COMPONENTES), MINISTERIO DE DESARROLLO SOCIAL GOBERNACIONES Y MUNICIPIOS EMPRESAS (MICRO, PEQUEÑAS, MEDIANAS Y GRANDES EMPRESAS)	→ % de reducción de demanda de energía, en períodos de tiempo definidos, con implementación de proyectos de eficiencia energética. → Resultado de la implementación de proyectos de eficiencia energética financiados (en unidades de energía y por período de tiempo) → % de ejecución de programas de fogones eficientes, por período de tiempo a definir.	ELEVADO
ANDE ENTIDADES BINACIONALES INFONA MADES GOBERNACIONES Y MUNICIPIOS	→ % de municipios afectados con planes de gestión supervisados e implementados. → Nivel de pérdida de capacidad de embalses por sedimentación, en período de tiempo definido. → % de área reforestada con relación a la programada en cada subcuenca hidrográfica.	ELEVADO
ANDE ENTIDADES BINACIONALES VMME/MOPC EMPRESAS	→ % de ejecución de obras programadas en los Planes Maestros de T&D de la ANDE, por período de tiempo a definir.	MEDIANO
VMME/MOPC/MADES CNCC, ANDE ENTIDADES BINACIONALES GOBERNACIONES Y MUNICIPIOS UNIVERSIDADES Y CENTROS DE CAPACITACIÓN Y FORMACIÓN LABORAL EMPRESAS	→ Estudios realizados en el país relacionados con vulnerabilidad/resiliencia del sistema energético ante el cambio climático. → Número de acciones de capacitación especializada. → Alcance de campañas regiones o por público objetivo implementados.	BAJO
ANDE VMME/MOPC GOBERNACIONES Y MUNICIPIOS EMPRESAS	→ % de ejecución de obras programadas en los Planes Maestros de Generación de la ANDE, por período de tiempo a definir. → Capacidad instalada (MW) en el Sistema de ANDE, Generación Distribuida, Cogeneración y Productores Independientes de Energía, por fuente de energía, en período de tiempo a definir. → Capacidad (en MW) instalada en unidades generadoras instaladas en el país, por río y por subcuenca, en período de tiempo a definir.	BAJO

5.1. IMPLEMENTACIÓN

Figura 46. Esquema de Implementación del Plan Nacional de Adaptación a la Vulnerabilidad y al Cambio Climático: Sector Energía–Paraguay



Fuente: Elaboración propia.

La propuesta final del plan incluye el fortalecimiento de las capacidades de la población y las comunidades vulnerables, la implementación de planes de gestión de subcuencas, y la ejecución de planes maestros de transmisión y distribución de la ANDE⁶⁹ con criterios de resiliencia al cambio climático, asegurando la integración de medidas de mitigación y adaptación para fortalecer la infraestructura energética frente a los efectos adversos del cambio climático.

Además, se proponen tres estrategias transversales relacionadas con la generación de conocimiento, la capacitación de profesionales y la concienciación de la población sobre los efectos del cambio climático.

⁶⁹ Administración Nacional de Electricidad (ANDE). *Plan Maestro de Transmisión 2021–2030*. y *Plan Maestro de Generación 2021–2040*. Asunción, Paraguay

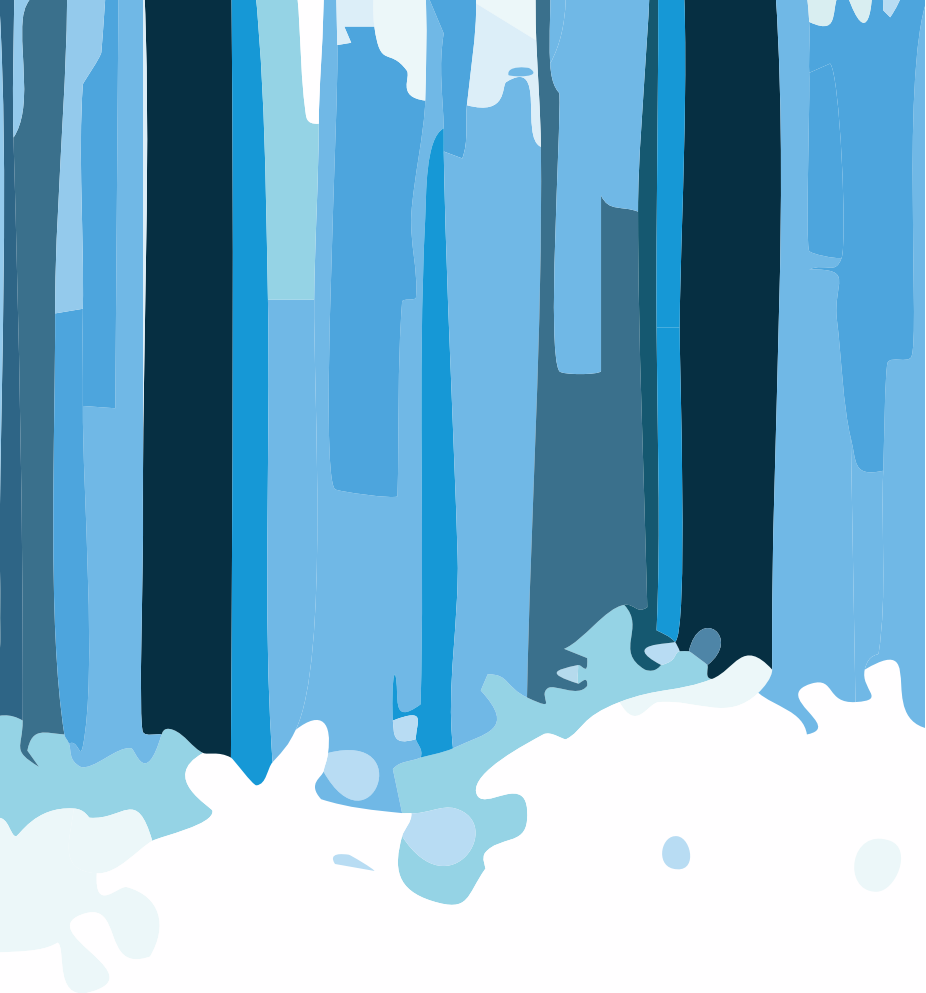
Cada estrategia se vincula a actores principales responsables de su ejecución, incluyendo instituciones gubernamentales, entidades binacionales, empresas y organizaciones de la sociedad civil. La colaboración entre estos actores es esencial para el éxito de la implementación. Además, se establece una jerarquía de alto a bajo según el análisis de beneficios y costos, lo que permite priorizar las medidas más efectivas y eficientes.

Este plan actúa como una guía de las medidas priorizadas, diseñada para que los tomadores de decisión tengan en cuenta todos los puntos abordados. La implementación final depende del trabajo interinstitucional de los actores principales, con el apoyo de las comunidades, la difusión, la capacitación, el sector privado, la academia, entre otros.

5.2. Temporalidad y actualización del Plan

El presente Plan Nacional de Adaptación a la Vulnerabilidad de los Sistemas Hidroeléctricos: Sector Energía – Paraguay ha sido diseñado con un horizonte de implementación y monitoreo post 2030, en coherencia con la Hoja de Ruta de Adaptación al 2030 y considerando la necesidad de dar continuidad a las medidas de adaptación más allá de ese año. Se propone que la evaluación y seguimiento de los indicadores se realice en ciclos quinquenales, permitiendo así ajustes periódicos en función de los avances, lecciones aprendidas y cambios en el contexto nacional e internacional.

Asimismo, se recomienda que la actualización integral del plan y sus indicadores se realice en concordancia con los procesos de revisión de la Política Energética Nacional, actualmente proyectada al año 2050, de modo a asegurar la coherencia y alineación estratégica entre ambos instrumentos. La validación de estos plazos y mecanismos de actualización deberá ser realizada por las autoridades sectoriales competentes, en particular el Viceministerio de Minas y Energía (VMME), para garantizar su pertinencia y viabilidad.



CAPÍTULO 6



PROGRAMA DE MONITOREO

6.1. Lineamientos Modelo para el Programa de Monitoreo

Esta sección se presenta como una herramienta para evaluar avances, identificar desafíos y extraer lecciones en la aplicación de medidas de adaptación climática, abarcando desde la evaluación de infraestructura resiliente hasta el análisis de políticas específicas. Su objetivo es ofrecer un panorama integral sobre la capacidad de adaptación del sistema hidroeléctrico de la Cuenca del río Paraná asegurando su sostenibilidad en el tiempo. La construcción de los lineamientos modelo toma como base programas de monitoreo referentes a nivel internacional y regional⁷⁰.

6.2. Recopilación y Tratamiento de Datos.

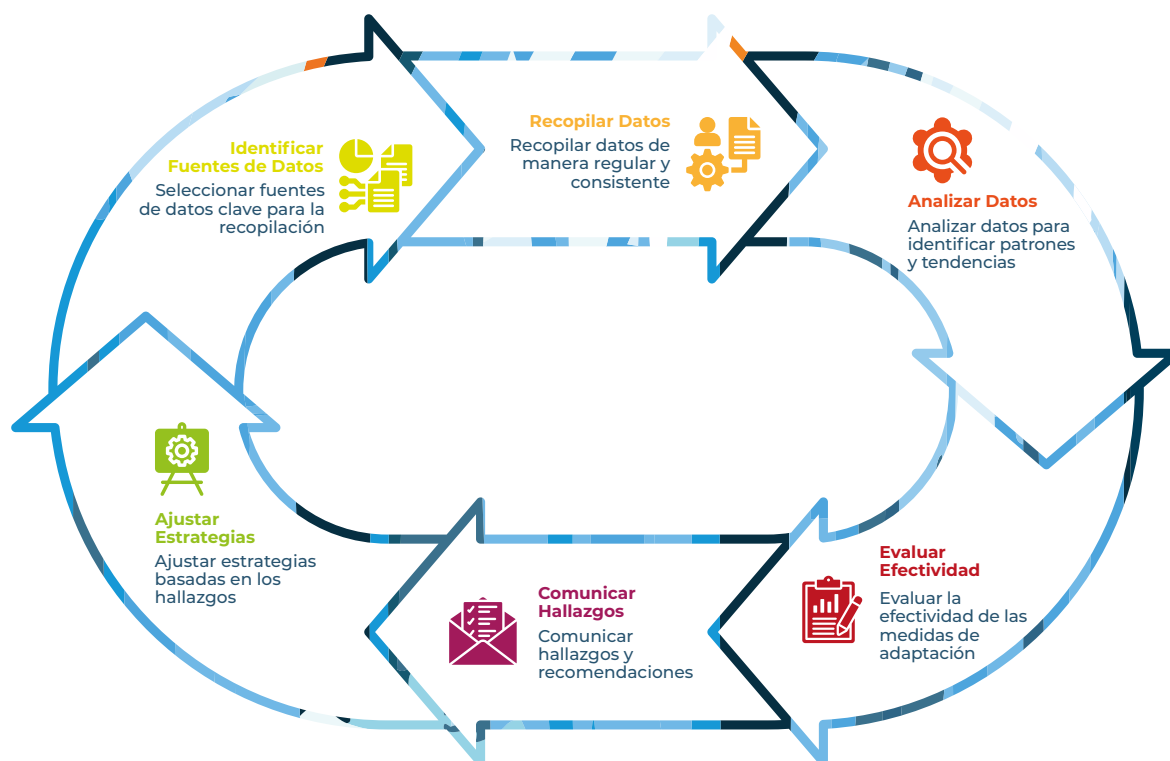
La recopilación y tratamiento de datos es fundamental para monitorear y ajustar las medidas de adaptación al cambio climático. Este proceso asegura la obtención de información precisa y relevante de diversas fuentes, como estaciones meteorológicas, estudios de impacto y reportes socioeconómicos.

El procedimiento inicia con la selección de fuentes clave y la recopilación de datos mediante estaciones de monitoreo, revisiones documentales y encuestas específicas. Los datos se limpian, normalizan y analizan estadísticamente para identificar patrones y tendencias, evaluando así la efectividad de las medidas implementadas y comparándolas con los objetivos establecidos. Se deben utilizar herramientas avanzadas de análisis de datos y modelos predictivos para anticipar posibles escenarios futuros y ajustar las estrategias de adaptación en consecuencia.

⁷⁰ INECC, Construcción de esquemas de monitoreo y evaluación de la adaptación en México para la formulación de políticas públicas basadas en evidencia, INECC-CONACYT, México, 2019 ; SEN, MADES, PNUD y FMAM, Guía para la elaboración de planes municipales de gestión y reducción de riesgos (PMGRR), Proyecto “Asunción ciudad verde de las Américas – Vías a la sustentabilidad”, Asunción, 2021, p. 107.

Los hallazgos resultantes se comunican a través de informes claros que destacan tendencias críticas y ofrecen recomendaciones para ajustar las estrategias. Este enfoque dinámico permite adaptar las medidas implementadas según los resultados obtenidos y los avances científicos, fortaleciendo continuamente la capacidad de respuesta frente a los desafíos climáticos. La transparencia en la comunicación de los resultados es crucial para mantener la confianza y el compromiso de todos los actores involucrados.

Figura 47. Esquema de Recopilación y tratamiento de datos para el modelo de Programa de Monitoreo.



Fuente: Elaboración propia.

Los lineamientos de monitoreo y evaluación propuestos en este capítulo están alineados con lo establecido en la Sección 10 “Sistema de Monitoreo y Evaluación (M&E)” del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) y la Hoja de Ruta al 2030. Esto incluye aspectos como la recopilación y tratamiento de datos, la participación de actores relevantes y las estrategias de monitoreo. Las propuestas aquí presentadas buscan complementar y fortalecer el sistema nacional de monitoreo, facilitando la medición del impacto concreto de las medidas en el sector energético y su vínculo con los recursos hídricos.

6.3. Participación

El éxito de la adaptación al cambio climático depende de la participación en programas de monitoreo, lo que permite evaluar y ajustar las medidas implementadas. Los cuatro pilares esenciales son:

Figura 48. Pilares de la Participación en el modelo de Programa de Monitoreo.



Fuente: Elaboración propia.

Involucramiento de la Comunidad: La participación comunitaria es clave para diseñar e implementar proyectos efectivos, con esto, se identifican necesidades, conocimientos tradicionales y vulnerabilidades específicas. Esto fomenta resiliencia, compromiso y prácticas sostenibles. Además, la sensibilización y educación fortalecen la adhesión a las medidas adoptadas. Es importante desarrollar programas de capacitación y sensibilización que empoderen a las comunidades para participar activamente en la implementación de las medidas de adaptación y en el monitoreo.

Entidades de Investigación: La investigación científica es fundamental para desarrollar estrategias de adaptación basadas en datos. Las instituciones aportan expertos, analizan tendencias climáticas y evalúan impactos potenciales, lo que permite tomar decisiones informadas y adecuadas a cada contexto. La colaboración con universidades y centros de investigación puede proporcionar acceso a tecnologías avanzadas y metodologías innovadoras para el monitoreo y la evaluación de las medidas de adaptación.

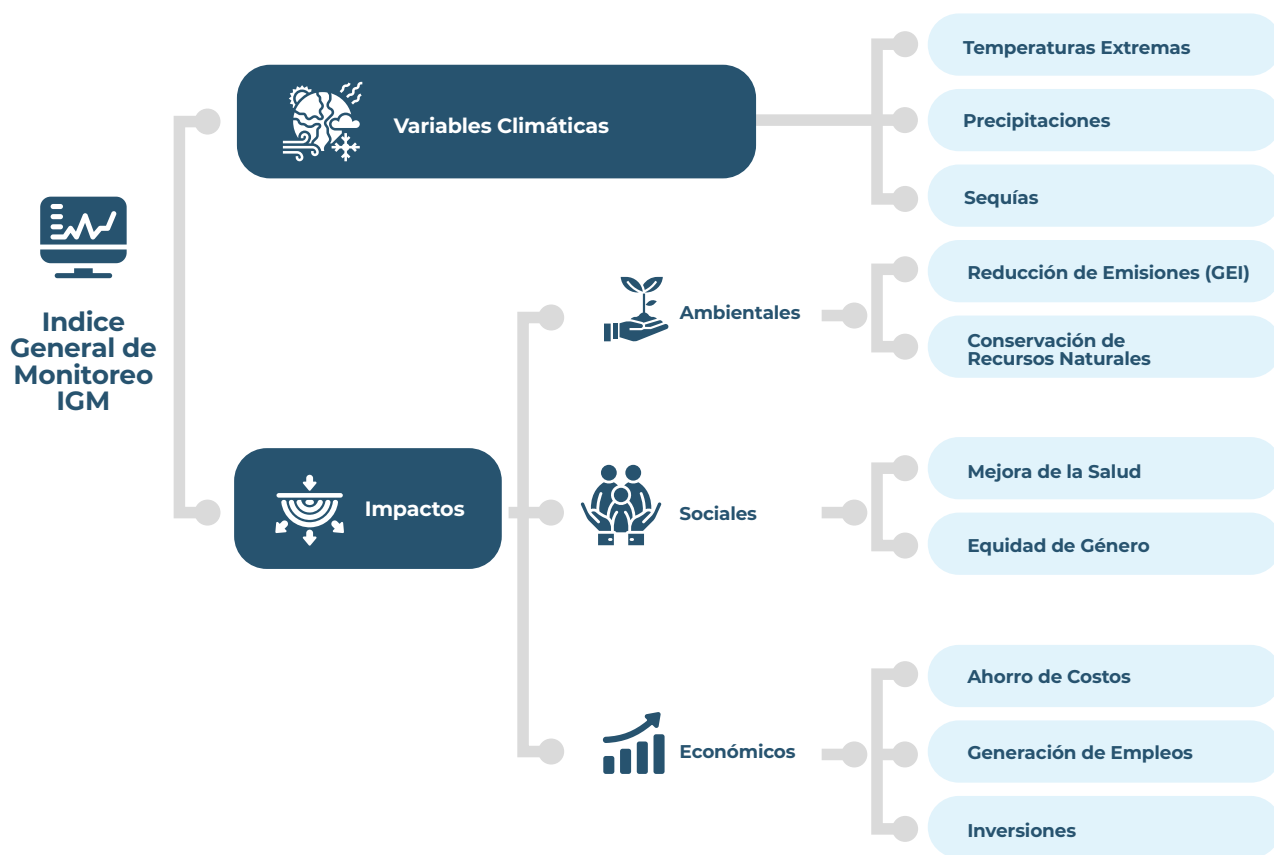
Órganos de Gobierno: La colaboración con órganos de gobierno asegura la alineación con políticas nacionales y facilita recursos logísticos y financieros. Esto amplía el alcance y la sostenibilidad de los proyectos. Los marcos normativos creados respaldan la adaptación constante y fortalecen el impacto a largo plazo. Es crucial que los gobiernos locales y nacionales trabajen de manera coordinada para integrar las medidas de adaptación en los planes de desarrollo y políticas públicas.

Instituciones Financieras: Los bancos de datos y las experiencias globales en proyectos de adaptación ofrecen lecciones valiosas para desarrollar estrategias locales de monitoreo. Incorporar estas referencias fortalece los planes y mejora las medidas implementadas. El acceso a financiamiento internacional y la creación de mecanismos de financiamiento innovadores pueden facilitar la implementación de proyectos de adaptación a gran escala.

6. 4. Índice General de Monitoreo

El **Índice General de Monitoreo (IGM)**⁷¹ es una herramienta compuesta que incluye indicadores climáticos y de impacto en las dimensiones ambiental, social y económica de los Departamentos la cuenca. Su objetivo es evaluar la correlación entre las variables climáticas y los impactos, para medir el efecto y la eficiencia de los proyectos implementados en el Plan de Adaptación. Estos indicadores deben ser revisados y actualizados periódicamente para reflejar los cambios en las condiciones climáticas y socioeconómicas.

Figura 49. Modelo de Monitoreo de las Medidas de Adaptación al Cambio Climático para sistemas hidroeléctricos de la cuenca del río Paraná.



Fuente: Elaboración propia.

⁷¹ Propuesta básica de modelo construida en base a programas referentes internacional y regional. Ver nota pie 72

6. 4. 1. Variables Climáticas

Los datos sobre temperaturas extremas, precipitaciones, eventos climáticos severos (tormentas, sequías, olas de calor) y cambios en patrones de viento permiten evaluar los impactos directos del cambio climático. Estas variables se miden mediante instrumentos meteorológicos, satélites y modelos climáticos. Las principales fuentes incluyen la OMM (Organización Meteorológica Mundial), NASA (*National Aeronautics and Space Administration*), IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) y ESA (*European Space Agency*).

Es crucial establecer protocolos claros para la recopilación y análisis de estos datos, garantizando la consistencia y comparabilidad de la información a lo largo del tiempo.

Tabla 11. Variables climáticas y sus impactos.

Variable Climática	Área Afectada	Impacto
Temperaturas Extremas	Salud	El calor intenso provoca golpes de calor y deshidratación; el frío extremo aumenta riesgos de hipotermia y enfermedades respiratorias.
	Agricultura y seguridad alimentaria	Calor y sequías dañan cultivos y reducen recursos hídricos; frío extremo afecta la producción agrícola y ganadera.
	Infraestructura y economía	Altas temperaturas incrementan la demanda de refrigeración y sobrecargan sistemas de energía; daños en infraestructura y pérdida de productividad afectan la economía local.
	Ecosistemas y recursos naturales	Provoca pérdida de biodiversidad, incendios forestales y agotamiento de suministros de agua.
Precipitaciones	Agricultura	Erosión del suelo y pérdida de nutrientes afectan la productividad.
	Infraestructura agrícola y urbana	Inundaciones dañan caminos, sistemas de riego y estructuras, sobrecargando drenajes urbanos.
	Transporte	Daños en carreteras y puentes interrumpen la movilidad y seguridad vial.
Sequías⁷²	Agricultura	Reducción en rendimientos y aumento en costos de riego.
	Recursos hídricos y ecosistemas	Disminución de agua en ríos y embalses, pérdida de biodiversidad y degradación del suelo.
	Economía y salud	Incremento de costos de producción y propagación de enfermedades relacionadas con la escasez de agua.

Fuente: Elaboración propia.

⁷² PNUD, 2022. Paraguay, impactos económicos y sociales de la sequía. Asunción, Paraguay.

6. 4. 2. Impactos del Cambio Climático

El cambio climático tiene efectos amplios en el medio ambiente, la sociedad y la economía. Estos impactos varían según el tipo de ecosistema y especie, pero en general generan consecuencias negativas globales.

Figura 50. Áreas de impacto del Cambio Climático.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12. Impactos Ambientales, Sociales y Económicos del Cambio Climático.

Categoría	Impacto	Descripción
Impactos Ambientales	Pérdida de hábitat	Aumento de temperaturas, nivel del mar y eventos extremos destruyen hábitats de plantas y animales.
	Extinciones	El cambio climático acelera la extinción de especies que no logran adaptarse.
	Migración	Muchas especies migran a nuevas áreas, generando conflictos con otras especies y comunidades humanas.
	Cambios en poblaciones	Alteraciones en el tamaño y composición de poblaciones afectan ecosistemas y servicios ecosistémicos.
	Desincronización de eventos biológicos	Cambios en patrones climáticos interrumpen ciclos naturales como floración, migración y reproducción.
	Cambios en la composición de especies	Algunas especies prosperan mientras otras disminuyen, provocando desequilibrios ecológicos.
Impactos Sociales	Desplazamientos de población	Inundaciones, ciclones y sequías obligan a comunidades a emigrar, generando refugiados climáticos.
	Seguridad alimentaria	Las variaciones en los patrones de precipitación y temperatura impactan la productividad agrícola, alterando los rendimientos de los cultivos, reduciendo la disponibilidad de productos y generando volatilidad en los precios de los alimentos.
	Salud	Enfermedades transmitidas por vectores aumentan, junto con problemas por olas de calor y frío extremo.
	Acceso al agua	Variaciones en cantidad y calidad de agua afectan la salud, agricultura y vida cotidiana.
	Conflictos por recursos	La competencia por agua y tierra cultivable intensifica tensiones en regiones vulnerables.
	Amenazas a la infraestructura	Huracanes e inundaciones dañan viviendas, carreteras y servicios esenciales.
	Desigualdades sociales	Las comunidades marginadas enfrentan mayores riesgos y dificultades para recuperarse.
	Impacto en comunidades indígenas	Las poblaciones indígenas ven amenazadas sus prácticas tradicionales y medios de vida.
Impactos Económicos	Pérdida de productividad	Sequías e inundaciones afectan agricultura, turismo e infraestructura.
	Aumento de costos	Empresas y consumidores enfrentan mayores gastos en infraestructura, riego, alimentos y energía.
	Desplazamiento de población ⁷³	Migraciones climáticas generan pérdida de capital humano y presión sobre economías locales.
	Conflictos económicos	La competencia por recursos como el agua agrava tensiones entre comunidades y regiones.
	Energía renovable	La variabilidad climática afecta la producción de energía solar y eólica.
	Adaptación y resiliencia	Inversiones en tecnologías limpias y sistemas resilientes son clave para mitigar riesgos y aprovechar oportunidades.

Fuente: Elaboración propia.

⁷³ Ante la problemática detectada sobre la falta de agua en épocas de sequías, el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) de Paraguay junto con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), implementaron entre el 2022 y 2023 un proyecto de emergencia, que tuvo como fin respaldar a 1.500 familias de los departamentos.

Figura 51. Impactos Económicos del cambio climático en la generación de energía.



Fuente: Elaboración propia.

El cambio climático tiene varios impactos económicos en el sector de la generación de energía. Estos impactos pueden manifestarse a través de una serie de desafíos y cambios en la infraestructura, costos operativos y la gestión de recursos. Algunos de los impactos económicos incluyen:

Costos de Adaptación: La necesidad de adaptarse a las condiciones climáticas cambiantes y extremas puede resultar en costos adicionales para las instalaciones de generación de energía. Esto incluye la implementación de medidas de resiliencia para hacer frente a eventos climáticos extremos y cambios en los patrones de temperatura y precipitación.

Aumento de Riesgos y Pérdidas: Eventos climáticos extremos, como huracanes, inundaciones o sequías, pueden aumentar el riesgo de pérdidas económicas para las instalaciones de generación de energía. Los daños a la infraestructura y las interrupciones en la operación pueden resultar en costos significativos.

Variabilidad en la Producción de Energía Renovable: Las fuentes de energía renovable, como la solar y la eólica, pueden ser afectadas por la variabilidad climática. Cambios en los patrones de viento y la radiación solar pueden influir en la producción de energía, lo que podría afectar la estabilidad de la red y los ingresos asociados.

Cambios en la Demanda Energética: El cambio climático puede influir en los patrones de demanda de energía. Por ejemplo, temperaturas más altas pueden aumentar la necesidad de energía para la refrigeración, mientras que una mayor eficiencia energética debido a temperaturas más bajas podría disminuir la demanda en ciertos casos.

Costos de Emisiones de Carbono: La implementación de políticas para reducir las emisiones de carbono puede tener costos económicos asociados para las industrias que dependen de combustibles fósiles. Esto podría incluir costos adicionales para la captura y almacenamiento de carbono o la transición hacia fuentes de energía más limpias.

Oportunidades Económicas en Energías Renovables: A pesar de los desafíos, el cambio climático también puede presentar oportunidades económicas en el sector de las energías renovables. La inversión y el desarrollo de tecnologías limpias pueden impulsar el crecimiento económico y la diversificación de la matriz energética de generación.

Afectación de la Cadena de Suministro: Cambios en las condiciones climáticas pueden afectar la cadena de suministro de combustibles, equipos y componentes para la generación de energía, lo que podría resultar en aumentos de precios y interrupciones operativas.

6. 5. Estrategias de Monitoreo

Para elaborar un plan de monitoreo de medidas de adaptación al cambio climático es fundamental considerar:

Figura 52. Consideraciones Complementarias del Monitoreo.



Fuente: Elaboración propia.

Definición de objetivos claros y alineación estratégica: Especificar los objetivos y metas de adaptación que se pretenden alcanzar con las medidas implementadas. Estos objetivos deben estar alineados con los principios del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) y la Hoja de Ruta de Adaptación al 2030.

Identificación de indicadores relevantes: Seleccionar indicadores cualitativos y cuantitativos que reflejen cambios significativos en las condiciones climáticas o en la resiliencia de las comunidades y ecosistemas.

Línea base y referencias temporales: Establecer una línea base antes de implementar las medidas y definir momentos específicos para evaluar su impacto a lo largo del tiempo.

Monitoreo continuo y periódico: Diseñar un sistema de seguimiento regular para evaluar el progreso en función de la naturaleza de las medidas y la velocidad de los cambios climáticos.

Participación comunitaria: Involucrar a la comunidad en el diseño y ejecución del monitoreo, aprovechando su conocimiento local y promoviendo retroalimentación constante.

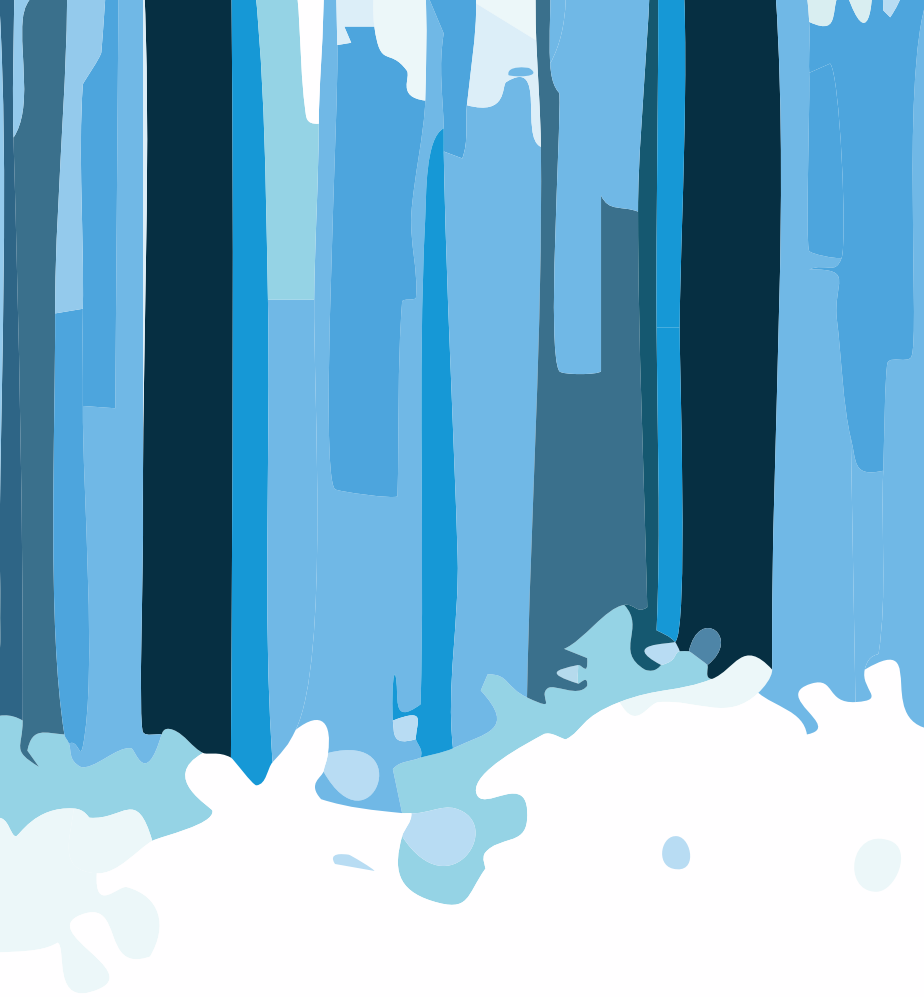
Flexibilidad y adaptabilidad: Asegurar que el plan sea ajustable ante cambios climáticos, sociales o económicos, incorporando revisiones regulares para mantener su relevancia y efectividad.

Integración con otros procesos: Coordinar el monitoreo con marcos de planificación y políticas locales, alineándose con objetivos de desarrollo sostenible.

Uso de tecnología: Incorporar tecnologías avanzadas, como sensores remotos y herramientas de modelado, para mejorar la eficiencia del monitoreo.

Capacitación y recursos: Proveer formación adecuada al personal encargado y garantizar recursos financieros y técnicos para una implementación efectiva.

Comunicación y divulgación de resultados: Compartir los hallazgos con partes interesadas clave y utilizar los resultados para ajustar estrategias y tomar decisiones informadas. Además, es importante desarrollar un plan de comunicación que incluya la difusión de los resultados a través de informes periódicos, talleres y plataformas digitales para asegurar la transparencia y la participación de todos los actores involucrados.





RECOMENDACIONES

Fortalecimiento de la Infraestructura

- Mejorar la infraestructura sanitaria y educativa: Aumentar la cobertura y calidad de los servicios de salud y educación para reducir la vulnerabilidad de la población.
- Ajuste de especificaciones técnicas con elementos de resiliencia: Adaptar las líneas de transmisión y toda la infraestructura eléctrica para resistir fuertes vientos y otros fenómenos climáticos extremos.

Eficiencia Energética

- Promulgación de leyes: Implementar la "Ley de Uso Racional y Eficiente de Energía" y la ley que fomenta el uso de energías renovables no convencionales.
- Proyectos de eficiencia energética: Financiar proyectos de inversión en eficiencia energética, especialmente para pequeñas y medianas empresas (PyMEs).

Protección de Cuencas Hidrográficas

- Planes de gestión de subcuencas: Implementar y monitorear planes de gestión en las subcuencas del Yguazú y Acaray.
- Restauración: Promover actividades de restauración en bosques protectores de cauces hídricos para reducir la erosión y mejorar la calidad del agua, en línea con el Objetivo 13 de adaptación para el sector Energía de la Contribución Nacionalmente Determinada⁷⁴ (NDC) del Paraguay.

⁷⁴ Contribución Nacionalmente Determinada (NDC por sus siglas en inglés): Son los compromisos climáticos que cada país establece bajo el Acuerdo de París para reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero y adaptarse al cambio climático. Estos compromisos se actualizan periódicamente y reflejan las metas y estrategias nacionales según sus capacidades y circunstancias.

Diversificación de Fuentes de Energía

- Proyectos de generación alternativa: Desarrollar centrales fotovoltaicas y híbridas (fotovoltaicas/batería) en comunidades aisladas.
- Cocinas mejoradas: Implementar programas de cocción limpia y eficiente, adaptados a las necesidades y costumbres locales.

Capacitación y Sensibilización

- Capacitación institucional: Incluir temas de adaptación y mitigación al cambio climático en los planes de capacitación de instituciones como la ANDE.
- Concienciación comunitaria: Realizar campañas de sensibilización sobre los efectos del cambio climático y las medidas de adaptación.

Monitoreo y Evaluación

- Sistema de monitoreo: desarrollar un programa de monitoreo para evaluar la implementación y los impactos de las medidas de adaptación.
- Indicadores de seguimiento: definir indicadores claros para medir el progreso y la efectividad de las acciones implementadas.
- Coordinar esfuerzos con organismos internacionales para garantizar acceso a financiamiento climático y asistencia técnica.

Fortalecimiento de la Capacidad de Adaptación

- Transferencia de recursos: Asegurar la transferencia de recursos públicos y privados para financiar las medidas de adaptación.
- Mejora de ingresos y condiciones laborales: Promover políticas que mejoren los ingresos laborales y reduzcan la pobreza en las comunidades vulnerables.



CONSIDERACIONES FINALES

El análisis de la vulnerabilidad al cambio climático y las medidas de adaptación para los sistemas hidroeléctricos en Paraguay ha permitido desarrollar un plan que aborda múltiples aspectos críticos. A continuación, se presentan las consideraciones finales generales:

1. Análisis de Costo-Beneficio de las Medidas de Adaptación:

- Las medidas relacionadas con la **eficiencia energética**, como la implementación de fogones eficientes y la promoción de la cocción limpia, presentan la mejor relación beneficio/costo. Estas acciones mejoran la eficiencia energética y contribuyen a la reducción de emisiones y al bienestar social.
- La **preservación de embalses y el manejo adecuado de las subcuencas nacionales** son cruciales para la sostenibilidad energética del país. La implementación de planes de gestión en subcuencas como Acaray y Yguazú, y la promoción de actividades de reforestación en áreas críticas, son medidas destacadas en el análisis.
- La **mejora de la infraestructura de transmisión y distribución** es esencial para garantizar un suministro eléctrico estable y confiable, especialmente en escenarios de cambio climático.
- La **capacitación y la transferencia de conocimiento** son fundamentales para fortalecer la capacidad de adaptación del sector energético. La formación de profesionales y la sensibilización de la población sobre los desafíos climáticos son esenciales.
- La **diversificación de la matriz energética** mediante la promoción de fuentes de energías renovables en comunidades vulnerables es una estrategia clave para reducir la dependencia de la generación hidroeléctrica y mitigar los impactos del cambio climático.

2. Diagnóstico de Resiliencia y Vulnerabilidad Local:

- Los departamentos analizados muestran **altos niveles de acceso a servicios básicos**, infraestructura educativa sólida y una elevada tasa de ocupación laboral, lo que constituye una base favorable para la resiliencia climática.
- Las **mayores vulnerabilidades** se encuentran en la densidad demográfica, infraestructura sanitaria y niveles críticos de pobreza y población vulnerable en departamentos como Caaguazú y Canindeyú. La desigualdad, medida por el Coeficiente de Gini, refleja una distribución inequitativa de recursos, afectando la cohesión social y la capacidad de respuesta a eventos climáticos adversos.
- Para fortalecer la capacidad de adaptación y mitigar la exposición y sensibilidad al cambio climático, es recomendable **priorizar inversiones en infraestructura sanitaria, aumentar las transferencias públicas en los departamentos más rezagados, e implementar programas integrales de reducción de pobreza y desigualdad.**

3. Propuesta de Plan de Adaptación:

- El **plan de adaptación** propuesto se organiza en siete estrategias sectoriales con cuatro programas y doce medidas, además de tres estrategias transversales con sus respectivas medidas agrupadas en un programa relacionado con la creación de capacidades.
- Los **objetivos del plan** incluyen aumentar la resiliencia del sector eléctrico nacional, proteger y restaurar los cauces hídricos en subcuencas prioritarias, y promover el uso de fuentes de energías alternativas a la hidroeléctrica en el sistema eléctrico, con énfasis en las comunidades vulnerables.
- La gestión del conocimiento, la formación y la creación de capacidades son **componentes transversales** esenciales para la implementación efectiva del plan.

4. Lineamientos Modelo para Programa de Monitoreo:

- El **programa de monitoreo** busca evaluar la efectividad de las medidas de adaptación y realizar ajustes según sea necesario. Incluye la recopilación y tratamiento de datos, la participación de la comunidad, entidades de investigación y órganos de gobierno, y el uso de indicadores climáticos y de impacto en las dimensiones ambiental, social y económica.
- La **participación comunitaria es clave** para diseñar e implementar proyectos efectivos, mientras que la colaboración con entidades de investigación y órganos de gobierno asegura la alineación con políticas nacionales y facilita recursos logísticos y financieros.

Se presenta un enfoque integral y multidimensional para enfrentar los desafíos del cambio climático en los sistemas hidroeléctricos de Paraguay. Las medidas propuestas buscan mejorar la eficiencia energética, preservar los recursos hídricos, diversificar la matriz energética, fortalecer la resiliencia local y asegurar un monitoreo continuo y participativo. Estas son esenciales para promover la seguridad energética y el bienestar socioeconómico en Paraguay frente a los desafíos climáticos futuros.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (2016). Vulnerabilidad al cambio climático y medidas de adaptación de los sistemas hidroeléctricos en los países andinos. Washington, DC: BID.

Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (2023). Informe Sobre Modelización Hidrológica–Vulnerabilidad al Cambio Climático y Medidas de Adaptación de Sistemas Hidroeléctricos en Paraguay [Informe técnico mimeografiado]. Banco Interamericano de Desarrollo.

Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (2023). Informe de Modelización Climática–Vulnerabilidad al Cambio Climático y Medidas de Adaptación de Sistemas Hidroeléctricos en Paraguay [Informe técnico mimeografiado]. Banco Interamericano de Desarrollo.

Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (2024). Informe Resultados de los Escenarios de Proyección de la Demanda Eléctrica–Vulnerabilidad al Cambio Climático y Medidas de Adaptación de Sistemas Hidroeléctricos en Paraguay [Informe técnico mimeografiado]. Banco Interamericano de Desarrollo.

Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (2025). Vulnerabilidad al Cambio Climático y Medidas de Adaptación de Sistemas Hidroeléctricos en Paraguay: Informe de Resultados de la Análisis de Costo/Beneficio de las Medidas de Adaptación y Plan de Adaptación. [Informe técnico mimeografiado]. Banco Interamericano de Desarrollo.

Banco Mundial. (2016). Vulnerabilidad, reducción del riesgo y adaptación al cambio climático: Paraguay – Perfil de país sobre riesgo climático y adaptación. Banco Mundial.

Banco Mundial. (2020). Informe sobre Cambio Climático y Desarrollo en América Latina y el Caribe. Washington, DC: Banco Mundial.

Banco Mundial. (2023). Estudio para Costear los Objetivos de Adaptación de la NDC Actualizada de Paraguay.

Banco Mundial. (2023). Evaluación del impacto del cambio climático en la generación eléctrica en los países del Cono Sur. Washington, D.C.: Banco Mundial.

Brasil. Ministério do Meio Ambiente. (2016). Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima: Volume I–Estratégia Geral. Brasília, Brasil.

CAF. (2014). Índice de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en la región de América Latina y el Caribe (ISBN 978-980-7644-61-7). Corporación Andina de Fomento.

Dirección de Meteorología e Hidrología. (2023). Anuario climatológico. DMH Paraguay.

- Ferreira, F. C.** (2016). A Contribution to the Multiple Criteria Decision Models–Perceptor Hierarchical Decision (PHD).
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC).** (2014). Resumen para responsables de políticas. En Cambio Climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad (AR5).
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC).** (2022). Sexto Informe de Evaluación sobre Cambio Climático.
- Instituto Interamericano para la Cooperación en Agricultura (IICA).** (2021). Cambio Climático y Agricultura en América Latina: Retos y Oportunidades. San José, Costa Rica: IICA.
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC).** (2019). Construcción de esquemas de monitoreo y evaluación de la adaptación en México para la formulación de políticas públicas basadas en evidencia. Coordinación General de Adaptación al Cambio Climático, INECC-CONACYT.
- Instituto Nacional de Estadística (INE).** (2022). Encuesta Permanente de Hogares 2022. Asunción, Paraguay.
- Instituto Nacional de Estadística (INE).** (2022). Informe de Pobreza y Desigualdad en Paraguay 2022. Asunción, Paraguay.
- Lavell, A., Oppenheimer, M., Diop, C., Hess, J., Lempert, R., Li, J., Muir-Wood, R., & Myeong, S.** (2012). Climate change: New dimensions in disaster risk, exposure, vulnerability, and resilience. In C. B. Field et al. (Eds.), Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation (pp. 25–64). Cambridge University Press.
- Ley N° 6977/2023.** Ley de Fomento a las Fuentes Renovables de Energía en Paraguay. Congreso Nacional de Paraguay.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).** (2020). Anuario Estadístico Agropecuario 2020. Asunción, Paraguay: MAG.
- Ministerio de Ambiente de Uruguay.** (2024). Plan Nacional de Adaptación a la Variabilidad y al Cambio Climático–Sector Energía (NAP-E).
- Ministerio de Energía de Chile.** (2018). Plan de Adaptación al Cambio Climático para el Sector Energía. Santiago, Chile.
- Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible de Paraguay (MADES).** (2021). Actualización de la Contribución Nacionalmente Determinada (NDC por sus siglas en inglés) de Paraguay.
- Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible de Paraguay (MADES).** (2022). Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2022-2030. Asunción, Paraguay.
- Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible de Paraguay (MADES).** (2023). Cuarta Comunicación Nacional de Paraguay ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).
- Organización Latinoamericana de Energía (OLADE).** (2020). Energía y Cambio Climático en América Latina y el Caribe: Evaluación de Políticas y Estrategias de Adaptación. Quito, Ecuador.
- Organización Latinoamericana de Energía (OLADE).** (2022). Informe sobre el Estado de la Transición Energética en América Latina y el Caribe. Quito, Ecuador.
- Organización Meteorológica Mundial (OMM).** (2022). Informe sobre el Estado del Clima Mundial 2022. Ginebra, Suiza: OMM.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).** (2022). Paraguay, impactos económicos y sociales de la sequía. Asunción, Paraguay.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).** (2022). Paraguay: Impactos económicos y sociales de la sequía. PNUD Paraguay.

Rojas, R. A. (2013). Adaptación al cambio climático. Una perspectiva regional: Sistematización del diálogo regional de adaptación y aprovechamiento de aguas de la agricultura al cambio climático en los Andes (2010–2013).

Secretaría Nacional de Turismo (SENATUR). (2022). Estadísticas de Turismo 2022. Paraguay.

Secretaría de Emergencia Nacional (SEN), Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADES), Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) & Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM). (2021). Guía para la elaboración de planes municipales de gestión y reducción de riesgos (PMGRR). Proyecto “Asunción ciudad verde de las Américas – Vías a la sustentabilidad”.

Soares, D., & Gutierrez-Montes. (2021, enero). Vulnerabilidad social, institucionalidad y percepciones sobre el cambio climático: un acercamiento al municipio de San Felipe, Costa de Yucat.

Vilas Boas, C. L. (2006). Modelo multicritérios de apoio à decisão aplicado ao uso múltiplo de reservatórios: Estudo da barragem do ribeirão João Leite (Dissertação de mestrado). Universidade de Brasília.

WWF, The Nature Conservancy, & Centro de Pesquisa do Pantanal. (2012, enero). *Análisis de riesgo ecológico de la cuenca del río Paraguay (Argentina, Bolivia, Brasil y Paraguay): Resumen ejecutivo*. WWF Brasil.

Consultas a Sitios Web

Centro de Información Científica del Plata (CIC Plata). *Mapas de la Cuenca*. Recuperado de <https://cicplata.org/es/mapas-de-la-cuenca/>.

Coyle, D. (2017). *El PIB: Una breve, pero afectuosa historia*. Fondo Monetario Internacional (FMI). Recuperado de <https://www.imf.org/external/pubs/ft/fandd/spa/2017/03/pdf/coyle.pdf>.

Entidad Binacional Yacyretá. (2022). *Reporte Energético 2022*. Recuperado de <https://www.eby.gov.py>.

Itaipú Binacional. (2023). *Informe Anual 2023*. Recuperado de <https://www.itaipu.gov.br>.

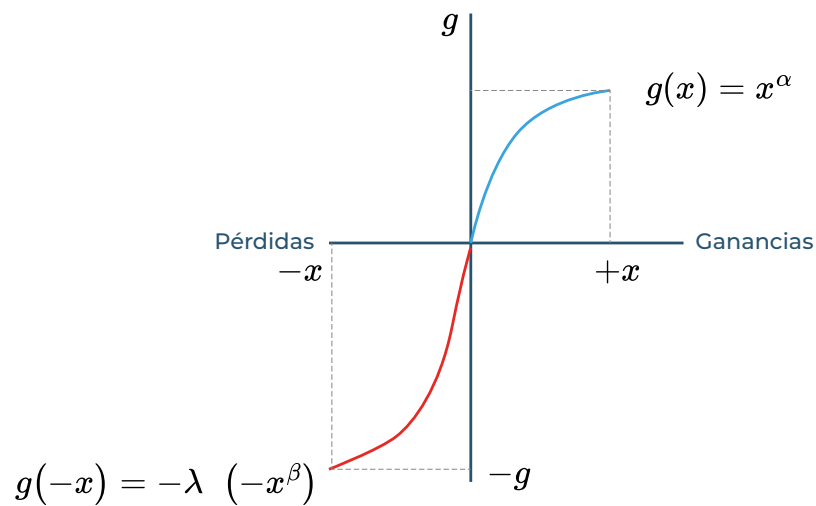
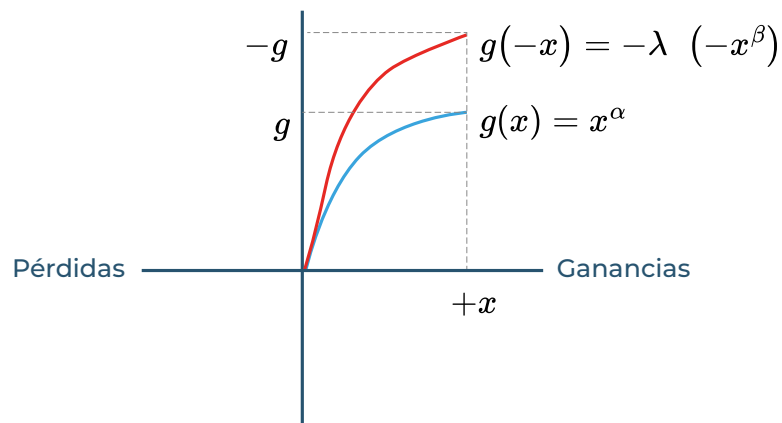
ANEXOS

1.1. Modelos y Métodos

1.1.1. Modelo Múltiples Criterios Perceptor Hierarchical Decision-PHD

El modelo PHD sigue los principios básicos de la Teoría de la Perspectiva (PT), desarrollada por Kahneman y Tversky (2013), en respuesta a la clásica Teoría de la Utilidad Esperada (EUT), inicialmente utilizada por Bernoulli para resolver la paradoja de San Petersburgo, haciendo una distinción entre el valor esperado (EV) y la utilidad esperada (EU). A pesar del desarrollo de su extensa base axiomática a lo largo de los años, en la práctica, la EUT todavía no representa de manera convincente el comportamiento del tomador de decisiones frente a algunas condiciones reales.

Al contrario, el enfoque de la PT propuesto por Kahneman presenta un enfoque más realista de los procesos de toma de decisiones, donde la utilidad se define en términos de riqueza y valor, como ganancias o pérdidas netas (Kahneman y Tversky, 1987). En resumen, las principales diferencias entre las dos teorías, PT y EUT, radican en la idea de Kahneman, respaldada por estudios empíricos, que se desarrolla a seguir: primero, las pérdidas se sienten con mayor intensidad que las ganancias; segundo, el tomador de decisiones considera un punto de referencia (status quo) o una meta en el futuro, la cual no alcanzar se percibe como una pérdida. Una representación simplificada de las funciones de la EUT y la PT se puede ver en la Figura A1, donde las funciones de ganancia $g(x)$ y pérdida $g(-x)$ están representadas en azul y rojo, Ecuación B1.

Figura A1. Funciones de ganancia y pérdida según EUT y PT**Figura A2.** Funciones de ganancia y pérdida según EUT y PT en el primer cuadrante

$$g(x) = \begin{cases} x^\alpha & \text{si } x \geq 0 \\ \lambda x^\beta & \text{si } x < 0 \end{cases} \quad (B1)$$

Donde:

λ = coeficiente de aversión a la pérdida

α = coeficiente de aversión al riesgo

β = coeficiente de propensión al riesgo

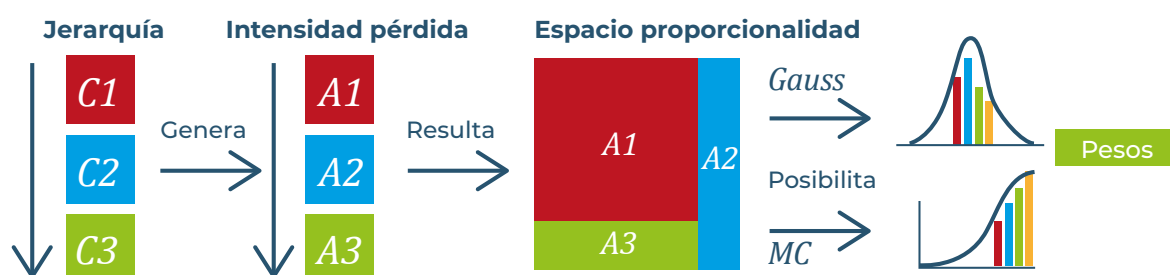
Algoritmo operativo del modelo PHD

Se realizan los siguientes pasos para operar el PHD (ver Figura A3):

- i. Construir un escenario normativo para identificar las variables y parámetros relevantes;
- ii. Asumir que dichas variables son los propios criterios;

- iii. Construir una escala ordinal de los criterios por su relevancia, en términos de pérdidas;
- iv. Obtener una escala cardinal (intensidad de pérdidas) con apoyo de variables semánticas.
- v. Construir un conjunto de áreas de proporción, según la escala cardinal;
- vi. Calcular las áreas con la función de Gauss.
- vii. A partir de las áreas de probabilidades, calcular los pesos de los criterios, los cuales resultan en la escala del modelo;
- viii. Someter la escala a un análisis de consistencia de juzgamientos; y
- ix. Por último, agregar los pesos primarios, secundarios y los atributos (impactos) para calcular el resultado global a través de la Ecuación B2.

Figura A3. Fases del modelo PHD.



Puntuación global (clasificación general)

La puntuación global define la clasificación de las alternativas a partir de la suma de la multiplicación de los valores de impacto en la matriz de atributos por los pesos de los subindicadores y criterios. El modelo está estructurado en 3 niveles de matrices: la matriz de pesos de primer nivel (criterios principales), la matriz de segundo nivel (subindicadores) y la matriz de tercer nivel (atributos).

Los pesos en el primer nivel son áreas de probabilidad bajo la función de distribución normal, obtenidos mediante la ecuación B3, representados en la matriz G .

$$G_k^A = T_n^c \left(P^m \cdot S^n \right) \quad (B2)$$

Donde la función agregada (evaluación global) G_k^A resulta de la multiplicación de las matrices de impacto de las alternativas (atributos); las matrices de pesos de primer nivel (P) y matriz de subindicadores (S). Es decir, G_k^A es el resultado global en la matriz (T) resultante sobre los k criterios considerados.

Los pesos de primer nivel son áreas de probabilidad bajo la función de distribución normal y son obtenidos por las siguientes ecuaciones:

$$\mathbf{P} = \begin{bmatrix} p_1 \\ p_2 \\ \vdots \\ p_k \end{bmatrix} \quad (\text{B3})$$

Los pesos de los subindicadores, en la matriz, también son medidas de áreas de probabilidad bajo la función de distribución, obtenidas con la Ecuación B4.

$$\mathbf{S} = \begin{bmatrix} s_k^1 \\ s_k^2 \\ \vdots \\ s_k^j \end{bmatrix} \quad (\text{B4})$$

La matriz $\mathbf{T}$, referente a los atributos, representa los impactos de las alternativas en los criterios de segundo y primer nivel.

$$\mathbf{T} = [t_j^1 \quad t_j^2 \quad \dots \quad t_j^k] \quad (\text{B5})$$

La matriz $\mathbf{Z}$ es el resultado de la multiplicación de la matriz de atributos ($\mathbf{T}$) por la matriz de criterios de segundo nivel ($\mathbf{S}_k$).

$$\mathbf{Z} = \mathbf{T} \cdot \mathbf{S}_k \quad (\text{B6})$$

La matriz $\mathbf{G}$ es la matriz de puntajes globales, obtenida al multiplicar las matrices $\mathbf{Z}$ y $\mathbf{P}$.

$$\mathbf{G} = \mathbf{Z} \cdot \mathbf{P} \quad (\text{B7})$$

De esta manera, la operación con los tres niveles matriciales devuelve el valor de la puntuación ($\mathbf{G}$), que será el valor máximo alcanzado por cada una de las alternativas consideradas, lo que resulta en una clasificación de agregación de valores parciales en el modelo PHD.

Las preferencias en el modelo PHD

En un modelo de múltiples criterios, las preferencias se refieren a las prioridades o valoraciones que un tomador de decisiones asigna a diferentes criterios o atributos utilizados para evaluar las alternativas. Es decir, las preferencias se utilizan para indicar la importancia relativa de cada criterio en relación con los demás, representados en funciones de valor.

Preferencias Según la EUT (Ordinal)

Se supone que el tomador de decisiones racional maximiza las ganancias de acuerdo con la función del primer cuadrante de la figura B1, ya presentada. Es decir, su preferencia será por opciones que presenten el valor $g(x)$ más alto. Sea $S = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ el conjunto de decisión de elementos compuesto por la información contenida en cada uno de los criterios. Al considerarse la función de ganancia $g^+ : S \rightarrow \mathbb{R}$ se supone que se desea obtener un orden de ganancias. La solución del problema se resume en la resolución de las ecuaciones B8 y B9.

$$\forall a_i, a_j \in S : a_i P a_j \Leftrightarrow g^+(a_i) > g^+(a_j) \quad (B8)$$

$$\forall a_i, a_j \in S : a_i I a_j \Leftrightarrow g^+(a_i) = g^+(a_j) \quad (B9)$$

Donde P e I son relaciones binarias de preferencia estricta e indiferencia, respectivamente. La ecuación B8, dice que a_i es preferible a a_j , si y solamente si, el valor de la ganancia de a_i es mayor que la ganancia de a_j . A su vez, la ecuación B9, dice que cuando las ganancias de a_i y a_j son iguales, referente al objetivo, resulta en una relación de indiferencia entre las opciones.

Preferencias Según la TP (Ordinal)

Se supone que el tomador de decisiones racional minimiza las pérdidas de acuerdo con la función del tercer cuadrante de la figura B1. Es decir, su preferencia será por opciones que presenten el valor $g(-x)$ más alto. Sea $S = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ el conjunto de decisión de elementos compuesto por la información contenida en los criterios. Al considerar la función de ganancia $g^- : S \rightarrow \mathbb{R}$ se suponiendo se desea obtener un orden de ganancias. La solución del problema se resume a la resolución de las ecuaciones B10 y B11.

$$\forall a_i, a_j \in S : a_i P a_j \Leftrightarrow g^-(a_i) < g^-(a_j) \quad (B10)$$

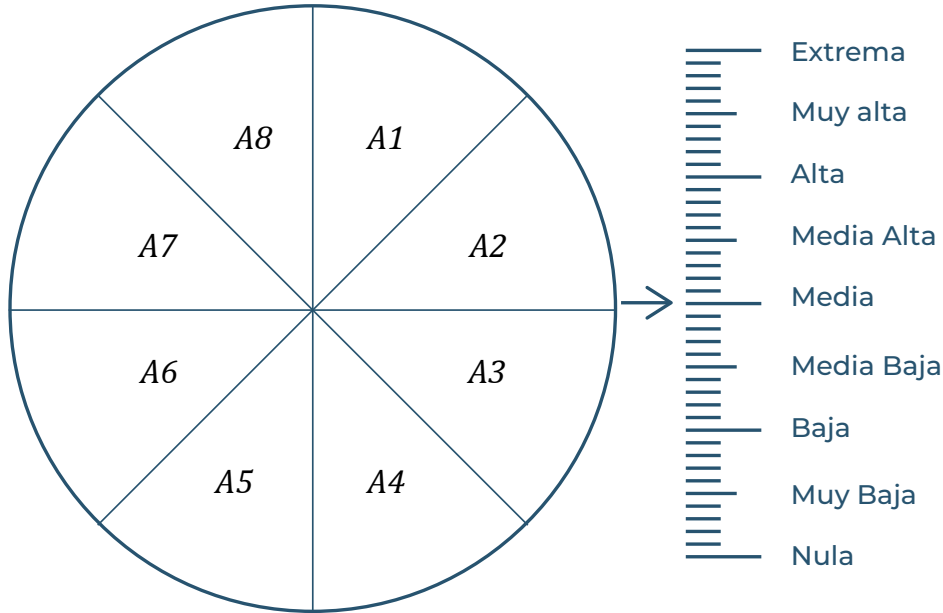
$$\forall a_i, a_j \in S : a_i I a_j \Leftrightarrow g^-(a_i) = g^-(a_j) \quad (B11)$$

Donde P e I son relaciones binarias de preferencia estricta e indiferencia, respectivamente. La ecuación B10, dice que a_i es preferible a a_j , si y solamente si, el valor de la pérdida de a_i es menor que la pérdida de a_j . La ecuación B11, dice que cuando las pérdidas de a_i y a_j son iguales, referente al objetivo, resulta en una relación de indiferencia entre las opciones.

Escala Semántica (Cardinal)

A partir de una escala semántica, es posible asignar juicios de valor a cada criterio relacionado con la percepción de la pérdida relativa al objetivo principal (evaluación de la satisfacción), en términos de las áreas de proporcionalidad de la Figura A4.

Figura A4. Escala de Percepción de Pérdidas (Áreas)



La Figura B4 representa el espacio de proporcionalidad de áreas: teniendo en cuenta que el área total es la suma de las unidades. El escenario de referencia debe ser único e "ideal", ya que sirve como una representación del objetivo y constituye el universo de discurso del tomador de decisiones. La ecuación B12 establece que la suma de las áreas en el escenario de referencia debe ser igual a la unidad, asegurando así su coherencia y singularidad.

$$A = \sum_{n=1}^k v(a_k) = 1 \quad (B12)$$

Donde A es el área total del escenario de partida (ideal); (a_k) son áreas las que representan la pérdida para cada uno de los k criterios; y v es el valor del área revelado por el tomador de decisión basado en las notas de la Figura B4. Para efecto de cálculo, las áreas de esta figura son consideradas, en el modelo PHD, equivalentes a áreas de probabilidad, a las cuales se asigna una función matemática conocida como la "función de Gauss" o "campana de Gauss, en estadística representa la distribución normal, representada por la siguiente ecuación B13.

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (B13)$$

Donde:

$f(x)$ es la densidad de probabilidad de la variable (x)

μ es la media (valor esperado) de la distribución

σ es la desviación estándar de la distribución

π es la constante matemática pi

e es la base del logaritmo natural

En el modelo PHD se usa la distribución normal estándar que es una forma específica de la distribución normal en la que la media (μ) es igual a cero y la desviación estándar (σ) es igual a uno. En esta distribución, todas las observaciones se expresan en términos de puntuaciones z , que representan cuántas desviaciones estándar un valor dado se encuentra por encima o por debajo de la media de cero. La función de densidad de probabilidad de la distribución normal estándar deriva de las ecuaciones B14 y B15, las cuales presentan la forma de la figura B5.

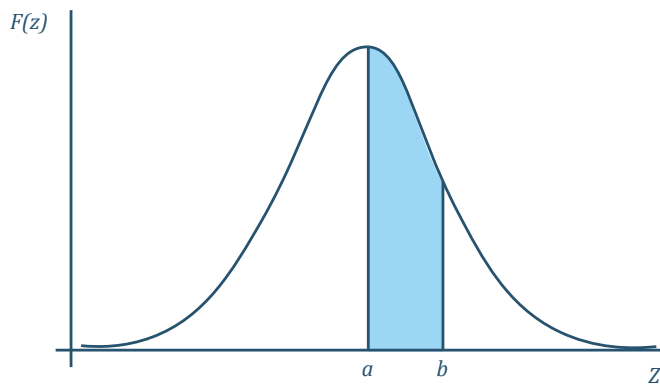
$$z = \frac{(x - \mu)}{\sigma} \quad (B14)$$

Sustituyendo la ecuación B14 en la ecuación B13, se obtiene la ecuación B15.

$$f(z) = A = \int_a^b \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}} dz \quad (B15)$$

Donde:

$f(z)$ es la densidad de probabilidad de la variable (z) en la distribución normal estándar π es la constante matemática pi; y e es la base del logaritmo natural.

Figura A5. Áreas de Probabilidad en la Función Standard Z

Este tipo de distribución es útil en estadísticas y probabilidad para estandarizar datos y realizar cálculos relacionados con la probabilidad en situaciones en las que se requiere una comparación entre diferentes conjuntos de datos que pueden tener medias y desviaciones estándar diferentes. Las puntuaciones Z son útiles para calcular probabilidades, realizar pruebas de hipótesis y comparar datos en diferentes escalas.

La distribución normal es ampliamente utilizada en la modelización y análisis estadístico debido a su capacidad para describir muchas situaciones del mundo real en las que las observaciones se distribuyen de manera normal.

Escala por Simulación Montecarlo

En el PHD se utiliza la simulación de Montecarlo que es una técnica para modelar y analizar sistemas complejos mediante la generación de múltiples valores para las variables de decisión. En el PHD, tiene el rol de confirmar los valores obtenidos para la escala en función del uso de la distribución normal y para evaluar la consistencia de los juicios de valor declarados por el tomador de decisión.

La simulación de Montecarlo se utiliza para aproximar la FDP o para realizar cálculos probabilísticos basados en una Función Densidad de Probabilidad (FDP) conocida. La idea principal detrás de la simulación de Montecarlo es generar muestras aleatorias de una o varias variables aleatorias de acuerdo con una cierta FDP y luego usar esas muestras para realizar cálculos probabilísticos. La subrutina de generación de la escala Montecarlo sigue los siguientes pasos, orientados por las ecuaciones:

La ecuación B16 calcula el sumatorio de las áreas de pérdidas declaradas por el tomador de decisión.

$$S^A = \sum_{i=1}^k a_i \quad (B16)$$

Donde S^A es el sumatorio de las áreas a_i desde el nivel más bajo de la escala hacia el nivel más elevado, con k representando el número de niveles e $i = (1, 2, \dots, k)$.

$$f_i^A = \frac{a_i}{S^A} \quad (B17)$$

Donde f_i^A es la frecuencia relativa de las notas (en valores de área), ecuación B17.

$$S_i^M = \sum \text{rand}(a_i^M) \text{ si } a_i^M \in [a_{i-1}, a_i] \quad (B18)$$

En la ecuación B19, S_i^M es el sumatorio de cada una de las variables aleatorias a_i^M que satisfacen la condición de pertenecer al nivel $[a_{i-1}, a_i]$ para lo cual fue generada.

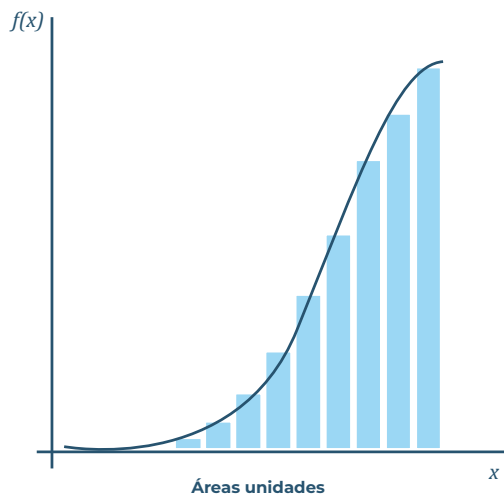
$$S^M = \sum_{i=1}^k a_i^M \quad (B19)$$

La ecuación B19, dice que la variable respuesta S^M es el resultado del sumatorio de todas las variables aleatorias que pasan en la restricción de la ecuación B20, que es $a_M \in [a_{i-1}, a_i]$.

$$f_i^M = \frac{S^M}{S^A} \quad (B20)$$

En la ecuación B20, f_i^M es la frecuencia relativa del modelo Montecarlo, que arreglada en una función densidad de probabilidad (FDP), figura B6, permite crear una escala similar al de la escala primera del PHD.

Figura A6. Montecarlo: Función Densidad de Probabilidad



Medidas de consistencia de los criterios

El PHD ofrece la posibilidad de calcular la consistencia de los pesos de los criterios mediante medidas de varianza y pertenencia que evalúan los juicios de valor declarados por el tomador de decisión:

Varianza de la metodología PHD

Este método implica calcular la desviación estándar en la escala PHD y determinar si la consistencia o inconsistencia está dentro de un límite arbitrado en 10%. En otras palabras, valores más bajos de este porcentaje indican una mayor consistencia en la asignación de juicios, como se describe en la ecuación B21.

$$S^p = \sqrt{\frac{\sum (c_i - \hat{c})^2}{n - 1}} \quad (\text{B21})$$

Donde:

S^p es la desviación estándar de los pesos de la escala PHD

c_i son los pesos

$\hat{c}$ es el promedio de la muestra

n es el número de criterios

Si los valores de S^p son menores o iguales al 10%, significa que la escala de los juicios de valor asignados al modelo es consistente.

Varianza en el simulador Montecarlo

Con este método se calcula la desviación estándar de las proporciones del área de referencia en el simulador Montecarlo, asegurando que la restricción de desviación máxima sea del 10% para obtener condiciones de consistencia entre los pesos del modelo, ecuación B22:

$$s^m = \sqrt{\frac{\sum (p_i - \hat{p})^2}{n - 1}} \quad (\text{B22})$$

Donde:

s^m es la desviación estándar de los pesos de la escala Montecarlo

p_i son los pesos Montecarlo

$\hat{p}$ es el promedio de la generación aleatoria

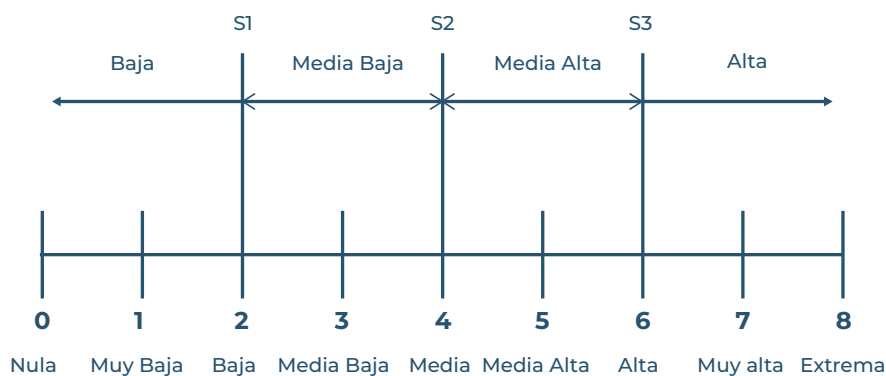
n es el número de criterios

Si los valores de s^m son menores o iguales al 10%, esto indica que la escala de los juicios de valor asignados al modelo es consistente.

Método de Clúster

El método de clúster permite agrupar datos en función de la similitud entre ellos, utilizando una o más variables de control. En la Figura B7, se muestran cuatro clústeres de intensidad de pérdida (Baja, Mediana Baja, Mediana Alta y Alta) y tres umbrales entre las diferentes categorías (S_1 , S_2 y S_3). Estos últimos contienen, en total, 8 notas, conforme se puede observar en la misma figura.

Figura A7. Clústeres de Consistencia



$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^k A_i}{n} \quad (B23)$$

$$K_i = \begin{cases} 5 \text{ para } A_i = (7, 8) \\ 3 \text{ para } A_i = (5, 6) \\ 1 \text{ para } A_i = (3, 4) \\ 0 \text{ para } A_i = (1, 2) \\ 0 \text{ para } A_i = (0, 0) \end{cases} \quad (B24)$$

$$D_i = A_i - \mu \quad (B25)$$

$$C_i = D_i - k_i \quad (B26)$$

Donde:

A_i son las notas de los niveles para $A_i = [0, 8]$

μ es el promedio de las notas A_i

k_i son las dimensiones asociadas a las notas (umbrales)

D_i son medidas de distancia entre las notas y las medias (desvío)

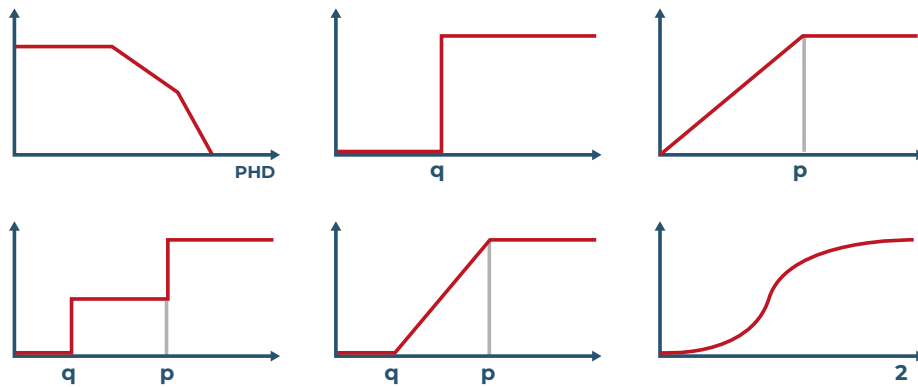
C_i es la variable de control de consistencia

Se y solamente se, C_i es positivo para todos los niveles de la matriz de clústeres, los juicios de valor son consistentes.

Matriz de atributos (funciones de impacto y normalización)

La matriz de tercer nivel (atributos) del modelo PHD tiene la función de normalizar y medir los impactos de las alternativas. En el modelo se propone el uso de seis funciones, en las cuales cinco son muy usuales en la literatura y una de ellas puede ser construida según la necesidad, Figura A8.

Figura A8. Funciones de Atributos



Análisis de sensibilidad de los pesos de los criterios (primer nivel)

El análisis de sensibilidad es un paso muy importante, pues es útil para evaluar posibles cambios en los resultados finales obtenidos, permitiendo observar si se produce alguna alteración en la clasificación de las alternativas al cambiar los pesos de los criterios principales, siempre a pares. Esto se obtiene a través de la ecuación B27.

$$\Delta G = f\left(\frac{\partial p_i}{\partial p_j}\right) \quad (B27)$$

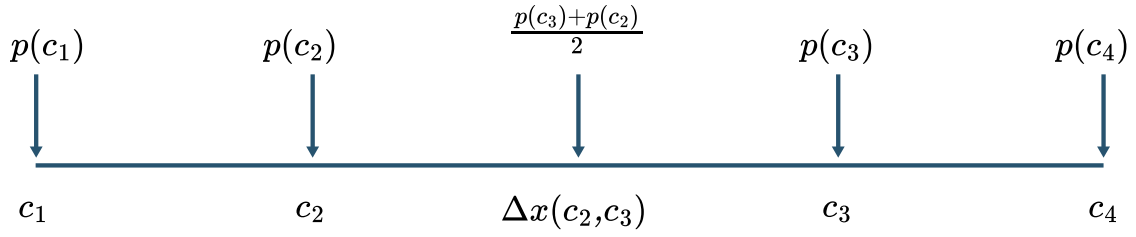
Donde:

ΔG es la variación observada en los resultados finales (escala PHD)

∂p_i es la variación en el peso del criterio i

∂p_j es la variación en el peso del criterio j

El procedimiento de análisis de sensibilidad requiere que la jerarquía de los criterios primarios no sea violada. Es decir, la variación máxima de los pesos no debe exceder el límite de diferencia entre el criterio antecedente y el criterio subsiguiente, so pena de subvertir el orden original de los criterios, resultando en un rompimiento con las premisas del modelo, Figura B9.

Figura A9. Escala de Pesos de Criterios de Análisis de Sensibilidad

En términos prácticos, en la Figura B9 se muestra que una variación positiva del peso $p(c_n)$ no puede rebasar el valor de $+\Delta x$, lo mismo se aplica para una reducción del peso $p(c_{n-1})$ que no debe superar el módulo de $-\Delta x$. Así que, en el análisis de sensibilidad, la variación positiva máxima del peso de un criterio está limitada al peso del criterio precedente. Así como la variación negativa del peso de un criterio está condicionada al peso del criterio antecedente y la variación máxima está condicionada a las ecuaciones B28 y B29.

$$\Delta x(c_n - c_{n-1}) = \lim_{p(c_n) \rightarrow p(c_{n-1})} p(c_n) - \left(\frac{p(c_n) + p(c_{n-1})}{2} \right) \quad (B28)$$

$$c_n \succ c_{n-1} \Rightarrow p(c_n) \geq p(c_{n-1}) \quad (B29)$$

Donde:

Δx es la variación máxima de peso del criterio

p es el peso del criterio

c_n es el criterio $n = (1, \dots, k)$ para $k \leq 8$

$c_n \succ c_{n-1}$ significa que en la escala ordinal c_n es preferible a c_{n-1}

En los cambios de los pesos, al analizar la sensibilidad, debe preservar la condición de tener la suma total, siempre, igual a 1.

Análisis de la Eficiencia Técnica en los modelos PHD

El análisis de eficiencia técnica está respaldado por la hipótesis del Óptimo de Pareto. Es decir, una asignación económica es factible si la cantidad total de cada bien no supera la cantidad total disponible de la producción. A menudo, es de interés preguntarse si un sistema está produciendo un resultado "óptimo". Un requisito esencial para cualquier asignación óptima es que posea la propiedad de eficiencia de Pareto.

Es importante destacar que el concepto de la “optimalidad” de Pareto no garantiza una asignación equitativa. Por ejemplo, utilizar todos los recursos y capacidades tecnológicas de la sociedad para mejorar la situación de un único consumidor, mientras que los demás reciben un nivel de utilidad de subsistencia, resulta en una asignación que cumple con el óptimo de Pareto, pero no es muy deseable desde un punto de vista ético.

Sin embargo, la “optimalidad” de Pareto sirve como una prueba importante para evaluar la pertinencia de una asignación; al menos indica que no hay desperdicio en la asignación de recursos en la sociedad.

El PHD, según la visión descrita, permite analizar la eficiencia técnica de los rendimientos constantes a escala (CRS) con el modelo de Análisis Envolvente de Datos (DEA), desarrollado por Charnes, Cooper y Rhodes (1978), que tiene como principal supuesto la hipótesis de que cualquier cambio en los insumos corresponde a un cambio proporcional en los resultados, verificados en los pesos de los criterios primarios (Ecuación B30).

$$\text{Eff} = \frac{\sum r u_r y_{rj}}{\sum i v_i x_{rj}} \quad (\text{B30})$$

Donde:

y_{rj} , x_{rj} es la cantidad del atributo r de la alternativa j

u_r , v_i son los pesos declarados por el tomador de decisiones en el modelo PHD.

La eficiencia se define como una relación entre la suma ponderada de las salidas y la suma ponderada de los insumos. Luego, para medir la eficiencia de una alternativa j_0 , se utiliza el modelo orientado a insumos.

1. 1. 2. Flujo de caja descontado (FCD)

El flujo de caja, también conocido como flujo de efectivo, es un indicador financiero fundamental que refleja la entrada y salida de efectivo en una empresa durante un período de tiempo específico. Es esencial para evaluar la salud financiera de un negocio y su capacidad para cumplir con las obligaciones financieras a corto plazo. En estudios de viabilidad económica de proyectos ha sido una de las herramientas más usadas sea para evaluar el Valor Presente Neto (VPN) o la Tasa Interna de Retorno (TIR).

Existen dos elementos principales en el flujo de caja: las entradas de efectivo (ingresos) y las salidas de efectivo (egresos). La viabilidad económica es resultante de estas, y el Valor Presente Neto (VPN) obtenido en el cálculo indica que: a) para un resultado positivo el proyecto es potencialmente rentable y puede generar valor; b) para valor igual a cero la inversión podría considerarse marginalmente aceptable, pero la decisión final dependerá de otros factores y criterios; y c) a su vez, un resultado negativo indica que el proyecto no es rentable. El VPN es calculado mediante la ecuación B31.

$$\text{VPN} = \sum_{t=0}^n \frac{b_t - c_t}{(1 + i)^n} \quad (\text{B31})$$

Donde,

b son los beneficios (ingresos)

c igual a los costos (inversión y mantenimiento)

i la tasa de descuento

n el tiempo (número de periodos considerados)

Tasa de descuento

Los proyectos relacionados con el cambio climático poseen diferencias importantes de los proyectos de inversiones del tipo privado. Es decir, en los primeros la tasa de descuento a ser utilizada en los flujos de caja, sufren influencia de factores referentes a las necesidades sociales y el grado de desarrollo de la economía de los países. Lo que se observa es que países con más pasivos sociales y con economía en desarrollo, en general, presentan tasas más bajas para proyectos en cambio climático, comparadas con las tasas de países desarrollados. Otro factor que no puede ser desconsiderado es el nivel de inflación de los países. O sea, a lo largo del tiempo las tasas tienden a perder su representatividad en función de una depreciación frente a las inflaciones altas. Por fin, y no menos importante, es encontrar una tasa adecuada a diferentes tipos de financiamientos que ocurren en esos tipos de proyectos (propios, cooperación internacional, asistencia técnica y otros). En general, la variable tasa de descuento trae otros problemas de orden operacional, las cuales se complican sobremanera al ser consideradas en flujos de muy largo tiempo, en función de la forma de su función matemática (exponencial), tiende a crecer en demasía, produciendo distorsiones considerables en los resultados del Valor Presente Neto (VPN), lo que acaba por añadir más incertidumbre al proceso.

Periodo de análisis (tiempo)

En general, los proyectos dedicados a la adaptación al cambio climático presentan largos periodos de maduración y no tienen garantía de cuánto tiempo tendrán eficacia, debido a la incertidumbre sobre la cual son estimados. O sea, dependen de la aproximación a los escenarios considerados más probables. Un ejemplo es la recuperación de suelos en cuencas hidrográficas. Del mismo grado de incertidumbre son los proyectos estructurantes como los de educación, que presentan resultados que pueden rebasar generaciones, desde su implementación. Técnicamente, cuanto más largo el tiempo considerado en el flujo de caja, menor es el VPN. Así que, tasas de internas de retorno TIR deben ser consideradas para complementar el análisis, en términos de *payback*.

Flujos financieros (beneficios y costos)

Los flujos de entrada y salida del modelo (costos y beneficios) son estrictamente dependientes de precios de mercado (mano de obra, materiales). Por lo tanto, dependen de tasas de inflación, salarios, disponibilidad de mano de obra y otros que al crecer el número de años se vuelven cada vez más inciertos. Pero, en términos de dificultad, los beneficios (directos e indirectos) superan las dificultades de estimar costos.

Los beneficios relacionados con la adaptación directos están relacionados con los objetivos del proyecto, mientras que los beneficios indirectos tienen relación con las externalidades generadas por el proyecto. Los beneficios son más difíciles de valorar monetariamente, porque sus resultados no siempre poseen valor de mercado que se pueda asociar, requiriendo algunas consideraciones adicionales, tales como considerar: cambios de productividad, valoración contingente, precios hedónicos, costos evitados y otros.

Análisis de sensibilidad

Al llevar a cabo un análisis de sensibilidad, lo que se ha observado es que muchos estudios suelen variar una de las variables a la vez. Ocurre que, en economía, cuando se tiene una variación de la tasa de interés, por ejemplo, los precios de la economía también varían, lo que hace con que considerar solamente una variable es insuficiente para entender el comportamiento del flujo, en consecuencia, el resultado obtenido no es confiable. Para el análisis de sensibilidad es más adecuado usar un flujo de caja representado en intervalos. Ferreira, F.C. (1995) propuso un abordaje para análisis de sensibilidad a través del uso de intervalos matemáticos que supone la variación simultánea en todos los términos (variables) del flujo, lo que es una práctica más realista de tratar el problema. Ver ecuaciones B32 a B34.

$$VPN = \sum_{(t=0)}^{n^{\min}, n^{\max}} \frac{[(b_t^{\min}, b_t^{\max}) - (c_t^{\min}, c_t^{\max})]}{[(1, 1) + (i^{\min}, i^{\max})]^{(n^{\min}, n^{\max})}} \quad (B32)$$

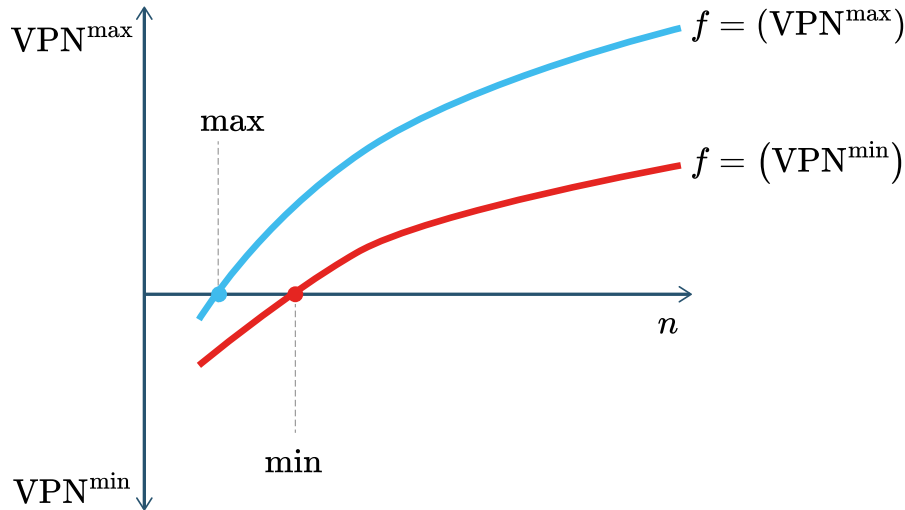
Donde las condiciones límites son las Ecuaciones (3 y 4):

$$VPN^{\min} = f(b_t^{\min}, c_t^{\max}, i^{\max}, n^{\max}) \quad (B33)$$

$$VPN^{\max} = f(b_t^{\max}, c_t^{\min}, i^{\min}, n^{\min}) \quad (B34)$$

Las Ecuaciones B33 y B34 se pueden representar en la figura B10.

Figura A10. Flujo de caja de intervalos



El Gráfico (B10) muestra que al considerar límites de variación para las variables, en sus intervalos de mínimo y máximo, los resultados cambian dentro de límites, diferentemente de lo que se obtiene al variar solo una de las variables a vez. En el intervalo resultante existen infinitos escenarios posibles, lo que requiere un método de selección para elegir uno o más escenarios de referencia. Sin embargo, tres técnicas ayudan a disminuir el ancho del resultado y en consecuencia la incertidumbre; son ellas: análisis variacional⁷⁵; método vertex⁷⁶; y vertex estocástico⁷⁷.

⁷⁵ Deriva de la incertidumbre en medidas, la cual puede ser disminuida al considerar las derivadas de cada una de las variables al proceder los cálculos.

⁷⁶ Corrige la distributividad (ancho del intervalo) no conservada en las operaciones de cálculo.

⁷⁷ El método corrige la distributividad y reduce el intervalo resultado considerando la variancia en los procedimientos de cálculo.

1. 1. 3. Data Envelopment Analysis (DEA)

La técnica de Análisis Envolvente de Datos (DEA, por sus siglas en inglés), desarrollada por Charnes, Cooper y Rhodes, en 1978, se utiliza ampliamente para identificar eficiencias o ineficiencias técnicas mediante la comparación de cantidades de insumos y productos con unidades (UN) similares (mismo propósito). Además, proporciona objetivos y referencias para mejorar el rendimiento de estas.

La DEA se basa en la programación lineal, que permite definir fronteras de eficiencia mediante una aproximación lineal por partes. La (in)eficiencia relativa de cada UN se evalúa en términos de la distancia que la separa de la frontera. Con la DEA, se asumen unidades ficticias formadas por combinaciones lineales de UN existentes.

Formalizando el proceso: se considera “ n ” UN caracterizado por m insumos y s productos diferentes, donde x_{ij} representa la cantidad del insumo i utilizado por la unidad j y y_{rj} representa la cantidad del producto r producido por la UN j . En la formulación más básica de la DEA (conocida en la literatura como modelo CCR básico–Charnes, Cooper y Rhodes–o CRS–rendimientos constantes a escala), se obtiene una medida de la eficiencia relativa de la empresa UN j mediante programación fraccionaria, maximizando su productividad (relativa), ecuaciones B35 y B36.

$$\text{Max} = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj_0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij_0}} \quad (\text{B35})$$

$$\begin{aligned} s. a = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} &\leq 1 (j = 1, \dots, n) \\ u_r, v_i &\geq 0 \end{aligned} \quad (\text{B36})$$

Donde:

u_r = precios de los productos;

y_{rj} = cantidades producidas;

v_i = precios de los insumos; y

x_{ij} = cantidad de insumos utilizados en la producción.

El objetivo en esta formulación es encontrar el conjunto de precios óptimos u_r y v_i de manera que la productividad de la UN j sea al menos igual a la de cualquier otra UN del conjunto considerado. Debido a la restricción de normalización, el valor máximo para la razón de productividad es 1, en cuyo caso la UN se considera DEA-eficiente y forma parte de la frontera de eficiencia. Por otro lado, cualquiera UNA cuya razón sea menor que 1 se considera DEA-ineficiente.

Tomando como supuesto que $\sum_{i=1}^m v_i x_{ij_0} = 1$ el problema de programación fraccionaria se convierte en un problema de programación lineal, segúnún (COOPER Y SEIFORD, 2000), con la forma de las ecuaciones B37 y B38:

$$\max = \sum_{r=1}^s u_r y_{rj_0} \quad (B37)$$

$$\begin{aligned} \text{s.a } \sum_{i=1}^m v_i x_{ij_0} &= 1 & \sum_{i=1}^m u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} &\leq 0 \quad (j = 1, \dots, n) \\ u_r, v_i &\geq 0 \end{aligned} \quad (B38)$$

Una de las características más importantes de la DEA es ser una técnica no paramétrica, ya que no define un conjunto único de precios comunes para todas las UN (a diferencia de las técnicas econométricas). Para cada UN se calculan los precios que le son más favorables y que maximizan su eficiencia relativa en el contexto de todas las UN similares.

En resumen, la estructura básica para la evaluación de la eficiencia operativa en este trabajo tiene en cuenta un insumo (costo) y un producto (beneficio). Cabe destacar que, desde la perspectiva de la escala, se recomienda cuantificarla bajo la hipótesis de retornos constantes y orientación hacia el insumo.

1. 2. Datos y Cuestionarios

Datos de los Cuestionarios de Beneficios

Tabla A1. Lista de encuestados e instituciones para la evaluación de beneficios

Nombre y Apellido	Institución
Alfonso Pereira	Viceministerio de Minas y Energía (VMME)
Ana González	Administración Nacional de Electricidad (ANDE)
Arturo González	Facultad Politécnica de la Universidad Nacional de Asunción (FPUNA)
Carlos Sauer	Administración Nacional de Electricidad (ANDE)
Cecilia Vergara	Entidad Binacional YACYRETA
Claudia Aguayo	Administración Nacional de Electricidad (ANDE)
Daniel Ríos	Facultad Politécnica de la Universidad Nacional de Asunción (FPUNA)
Diana Valdez	Facultad Politécnica de la Universidad Nacional de Asunción (FPUNA)
Diego Quintana	ITAIPU Binacional (IB)
Estela Riveros	Facultad Politécnica de la Universidad Nacional de Asunción (FPUNA)
Felipe Uzabal	Facultad Politécnica de la Universidad Nacional de Asunción (FPUNA)
Fernando Borja	Viceministerio de Minas y Energía (VMME)
Fernando Ferreira	Consortio (PSR, ESENERG, METEOSIM)
Gabriel Baum	Administración Nacional de Electricidad (ANDE)
Gustavo Cazal	Viceministerio de Minas y Energía (VMME)
Hugo Ramos	Administración Nacional de Electricidad (ANDE)
José Ferraro	Administración Nacional de Electricidad (ANDE)
Juan Osorio	Administración Nacional de Electricidad (ANDE)
Lucas Chamorro	Entidad Binacional YACYRETA
Luis Navarro	Administración Nacional de Electricidad (ANDE)
Oscar Torres	Administración Nacional de Electricidad (ANDE)
Raúl Amarilla	ITAIPU Binacional (IB)
Richard Ríos	Facultad Politécnica de la Universidad Nacional de Asunción (FPUNA)
Tamatia Coronel	Viceministerio de Minas y Energía
Tobias Eitzen	Cooperativa Fernheim
Vanderley Espinola	ITAIPU Binacional (IB)
Victorio Oxilia	Consortio (PSR, ESENERG, METEOSIM)

Fuente: Elaboración propia.

Datos Referentes al Cuestionario OBJ 12.4

La Acción Estratégica 4, es referente a la Implementación de Proyectos de instalación/construcción de 13 centrales fotovoltaicas que serán conectadas al Sistema Interconectado Nacional (SIN). El Costo total estimado de las obras alcanzaría U\$ 2.500.000.000 (incluidos los bancos de baterías), según datos del PMG2040.

Tabla A2. Notas Finales Cuestionario OBJ 12.4

ECONÓMICO		
Ahorro de Costos	Generación de Empleo	Inversiones
67	67	67
SOCIAL		
Mejora de Salud	Equidad de Género	
50	50	
AMBIENTAL		
Reducción de Emisiones	Conservación Recursos Naturales	
67	67	

Fuente: Cuestionarios del Consorcio

Datos Referentes al Cuestionario OBJ 12.5

La Acción Estratégica 5, es referente a la Construcción de una línea de transmisión y subestación en el Chaco en la región centro, que contempla obras de distribución, lo que servirá para mejorar el servicio de energía eléctrica. Costo total estimado U\$ 126.000.000.

Tabla A3. Notas Finales Cuestionario OBJ 12.5

ECONÓMICO		
Ahorro de Costos	Generación de Empleo	Inversiones
50	50	83
SOCIAL		
Mejora de Salud	Equidad de Género	
67	50	
AMBIENTAL		
Reducción de Emisiones	Conservación Recursos Naturales	
50	50	

Fuente: Cuestionarios del Consorcio

Datos Referentes al Cuestionario OBJ 12.6

La Acción Estratégica 6, es referente al ajuste de especificaciones técnicas de líneas de transmisión para que no se vean afectados por fuertes vientos. Costo total estimado U\$ 398.000.

Tabla A4. Notas Finales Cuestionario OBJ 12.6

ECONÓMICO		
Ahorro de Costos	Generación de Empleo	Inversiones
59	67	67
SOCIAL		
Mejora de Salud		Equidad de Género
67		67
AMBIENTAL		
Reducción de Emisiones		Conservación Recursos Naturales
50		67

Fuente: Cuestionarios del Consorcio

Datos Referentes al Cuestionario OBJ 12.7

La Acción Estratégica 7, es referente a la instalación de barreras corta-fuego de hormigón armado entre transformadores en las subestaciones. Costo (*)⁷⁸

Tabla A5. Notas Finales Cuestionario OBJ 12.7

ECONÓMICO		
Ahorro de Costos	Generación de Empleo	Inversiones
50	50	67
SOCIAL		
Mejora de Salud	Equidad de Género	
67	33	
AMBIENTAL		
Reducción de Emisiones	Conservación Recursos Naturales	
67	67	

Fuente: Cuestionarios del Consorcio

⁷⁸ No informado.

Datos Referentes al Cuestionario OBJ 12.8

La Acción Estratégica 8, es referente al mantenimiento de las barreras cortafuego en la Reserva del Yguazú. Costo total estimado U\$ 221.994.

Tabla A6. Notas Finales Cuestionario OBJ 12.8

ECONÓMICO		
Ahorro de Costos	Generación de Empleo	Inversiones
67	50	50
SOCIAL		
Mejora de Salud	Equidad de Género	
67	67	
AMBIENTAL		
Reducción de Emisiones	Conservación Recursos Naturales	
83	50	

Fuente: Cuestionarios del Consorcio

Datos Referentes al Cuestionario OBJ 12.9

La Acción Estratégica 9, es referente a Incluir en el Plan anual de capacitación institucional de la ANDE el tema de adaptación y mitigación al cambio climático. Costo U\$ 48.000

Tabla A7. Notas Finales Cuestionario OBJ 12.9

ECONÓMICO		
Ahorro de Costos	Generación de Empleo	Inversiones
50	50	67
SOCIAL		
Mejora de Salud	Equidad de Género	
50	50	
AMBIENTAL		
Reducción de Emisiones	Conservación Recursos Naturales	
50	67	

Fuente: Cuestionarios del Consorcio

Datos Referentes al Cuestionario OBJ 13.10

La Acción Estrategia 10, se refiere a la Implementación de Planes de Gestión de subcuenca del Iguazú y Acaray, que incluye: el mapeo de las orillas de los embalses degradados, proyecto de mejoramiento de la franja de protección vegetal ribereña, mejora y recuperación de la franja de protección ribereña y monitoreo y evaluación del riesgo de erosión del suelo (Modelo RUSLE). Costo total estimado U\$ 170,273.

Tabla A8. Notas Finales Cuestionario OBJ 13.10

ECONÓMICO		
Ahorro de Costos	Generación de Empleo	Inversiones
83	67	67
SOCIAL		
Mejora de Salud		Equidad de Género
67		67
AMBIENTAL		
Reducción de Emisiones		Conservación Recursos Naturales
67		67

Fuente: Cuestionarios del Consorcio

Datos Referentes al Cuestionario OBJ 13.11

La Acción Estratégica 11, se refiere a la promoción e implementación de actividades para la reforestación de los bosques protectores de los cauces hídricos, con actividades de reforestación en bosques protectores de cauces hídricos, en 19.000 hectáreas. Costo total estimado U\$ 11,400,000.

Tabla A9. Notas Finales Cuestionario OBJ 13.11

ECONÓMICO		
Ahorro de Costos	Generación de Empleo	Inversiones
83	50	67
SOCIAL		
Mejora de Salud	Equidad de Género	
83	83	
AMBIENTAL		
Reducción de Emisiones	Conservación Recursos Naturales	
83	75	

Fuente: Cuestionarios del Consorcio

Datos Referentes al Cuestionario OBJ 13.13

La Acción Estrategia 13, se refiere a restauración de ecosistemas naturales – MD a través del proyecto Itaipu Preserva, con el objetivo de restaurar áreas degradadas existentes en la franja de protección del embalse. Así también, busca contribuir al mantenimiento del caudal y la vida útil del embalse; y mejorar la conectividad entre las reservas y refugios de la Itaipu Binacional mediante el establecimiento y fortalecimiento de corredores biológicos. Costo total estimado U\$ 2.000.000.

Tabla A10. Notas Finales Cuestionario OBJ 13.13

ECONÓMICO		
Ahorro de Costos	Generación de Empleo	Inversiones
50	67	67
SOCIAL		
Mejora de Salud		Equidad de Género
67		33
AMBIENTAL		
Reducción de Emisiones		Conservación Recursos Naturales
83		67

Fuente: Cuestionarios del Consorcio

Datos Referentes al Cuestionario OBJ 14.14

La Acción Estratégica 14, es referente a la construcción de 8 centrales híbridas fotovoltaicas-diésel (Pto. Nueva Esperanza, Bahía Negra, Pozo Hondo, Cruce Don Silvio, Tte. Esteban Martínez, Estancia Agua Dulce, Estancia La Patria y Cruce DeMattei) incluidas en el PMG 2040. Una central fotovoltaica-diésel es un sistema híbrido de generación de energía que combina la generación de electricidad a partir de paneles solares fotovoltaicos y generadores diésel. Estos sistemas están diseñados para reducir los costos operativos y el consumo de combustible diésel en comparación con un central diésel pura. Cuando hay suficiente luz solar, los generadores diésel pueden apagarse o funcionar a una capacidad mínima, lo que ahorra combustible y reduce las emisiones de gases contaminantes y de efecto invernadero. El costo total estimado de las 8 obras alcanzaría U\$ 22.013.323, según datos del PMG2040.

Tabla A11. Notas Finales Cuestionario OBJ 14.14

ECONÓMICO		
Ahorro de Costos	Generación de Empleo	Inversiones
67	67	67
SOCIAL		
Mejora de Salud	Equidad de Género	
67	67	
AMBIENTAL		
Reducción de Emisiones	Conservación Recursos Naturales	
50	67	

Fuente: Cuestionarios del Consorcio

Datos Referentes al Cuestionario OBJ 14.15

La Acción Estratégica 15, es referente Identificación de cocinas mejoradas y eficientes adaptadas a las necesidades y costumbres de las comunidades locales, con un enfoque de eficiencia, salubridad y pertinencia cultural. Costo Total U\$ 260.000.

Tabla A12. Notas Finales Cuestionario OBJ 14.15

ECONÓMICO		
Ahorro de Costos	Generación de Empleo	Inversiones
67	50	67
SOCIAL		
Mejora de Salud		Equidad de Género
83		67
AMBIENTAL		
Reducción de Emisiones		Conservación Recursos Naturales
67		67

Fuente: Cuestionarios del Consorcio

Datos Referentes al Cuestionario OBJ 14.16

La Acción Estratégica 16, es referente al Diseño e implementación de un Programa de transición hacia una cocción limpia y eficiente, que incluye recolección de datos, utilizando una línea de base para la generación de datos y una vez generado procesarlos para obtener la transición. Los programas de transición hacia una cocción limpia y eficiente tienen los objetivos de reducir la contaminación del aire y las emisiones de gases de efecto invernadero; y mejorar la calidad de vida. Costo Total U\$ 200.000.

Tabla A13. Notas Finales Cuestionario OBJ 14.16

ECONÓMICO		
Ahorro de Costos	Generación de Empleo	Inversiones
67	50	67
SOCIAL		
Mejora de Salud	Equidad de Género	
83	67	
AMBIENTAL		
Reducción de Emisiones	Conservación Recursos Naturales	
83	83	

Fuente: Cuestionarios del Consorcio

Datos Referentes al Cuestionario OBJ 14.18

La Acción Estratégica 18, es referente Coordinar con las instituciones responsables la realización de cursos y talleres que eleven la capacidad de los técnicos locales en cuanto al uso eficiente de la energía. Costo total estimado U\$ 16.000.

Tabla A14. Notas Finales Cuestionario OBJ 14.18

ECONÓMICO		
Ahorro de Costos	Generación de Empleo	Inversiones
67	67	67
SOCIAL		
Mejora de Salud	Equidad de Género	
50	50	
AMBIENTAL		
Reducción de Emisiones	Conservación Recursos Naturales	
67	67	

Fuente: Cuestionarios del Consorcio

DATOS REFERENTES AL CUESTIONARIO OBJ 14.19

La Acción Estratégica 19, es referente a la Planificación para la implementación de 7500 cocinas mejoradas en el marco del Componente I del Proyecto PROEZA. Costo total estimado de U\$ 150.000

Tabla A15. Notas Finales Cuestionario OBJ 14.19

ECONÓMICO		
Ahorro de Costos	Generación de Empleo	Inversiones
50	50	50
SOCIAL		
Mejora de Salud	Equidad de Género	
50	67	
AMBIENTAL		
Reducción de Emisiones	Conservación Recursos Naturales	
67	67	

Fuente: Cuestionarios del Consorcio

Datos Referentes a los Cuestionarios OBJ 14.20

La Acción Estratégica 20, es referente a Alianzas estratégica a los efectos de establecer planteamiento de soluciones a problemas de acceso energético para la cocción de alimentos y otros usos que pueden ser potenciados mediante los programas sociales del MDS. Costo total estimado U\$ 12,000.

Tabla A16. Notas Finales Cuestionario OBJ 14.20

ECONÓMICO		
Ahorro de Costos	Generación de Empleo	Inversiones
67	67	67
SOCIAL		
Mejora de Salud	Equidad de Género	
67	67	
AMBIENTAL		
Reducción de Emisiones	Conservación Recursos Naturales	
83	83	

Fuente: Cuestionarios del Consorcio.

Datos de los Cuestionarios Para atribución de Pesos al Modelo de Resiliencia.

Informe por defecto

Cuestionario 1

Q11 - Indicadores fundamentales para evaluar la vulnerabilidad

¿Cuál de los siguientes indicadores cree Usted que es fundamental para evaluar la vulnerabilidad de la población de la cuenca del Río Paraná?

Baja	
Media	
Alta	
Extrema	

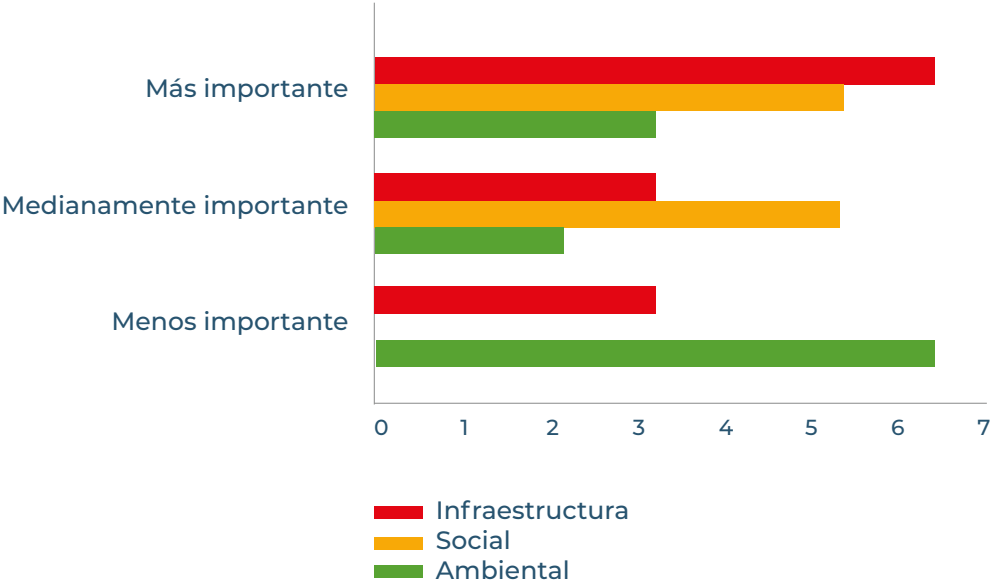
0

- Exposición de la Población
- Sensibilidad a las Amenazas
- Capacidad de Adaptación

Campo	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Varianza	Recuento
Sensibilidad a las amenazas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
Exposición de la Población	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
Capacidad de adaptación	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0

Campo	Baja	Media	Alta	Extrema	Total
Sensibilidad a las amenazas	0.00	0.00	0.00	0.00	0
Exposición de la Población	0.00	0.00	0.00	0.00	0
Capacidad de adaptación	0.00	0.00	0.00	0.00	0

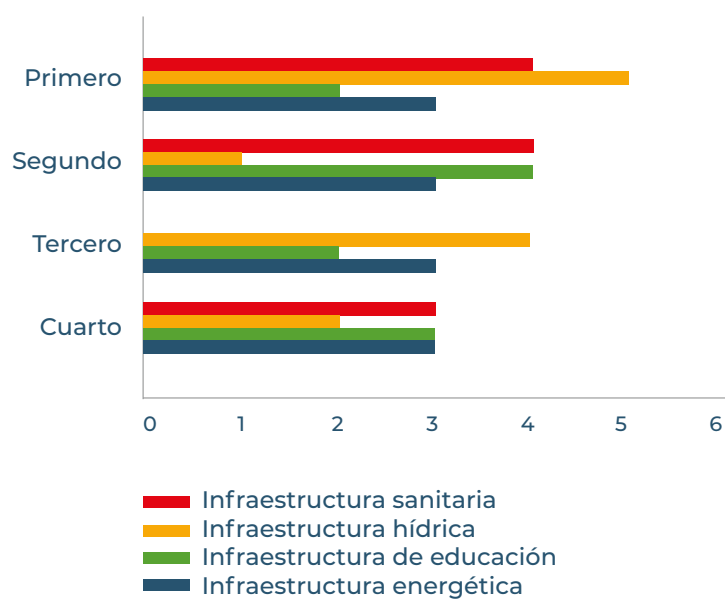
Clasificación de los grupos de criterios de EXPOSICIÓN



Campo	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Varianza	Recuento
Infraestructura	1.00	3.00	1.75	0.83	0.69	12
Social	1.00	2.00	1.50	0.50	0.25	10
Ambiental	1.00	3.00	2.27	0.86	0.74	11

Campo	Más importante		Medianamente importante		Menos importante		Total
Infraestructura	50%	6	25%	3	25%	3	12
Social	50%	5	50%	5	0%	0	10
Ambiental	27.27%	3	18.18%	2	54.55%	6	11

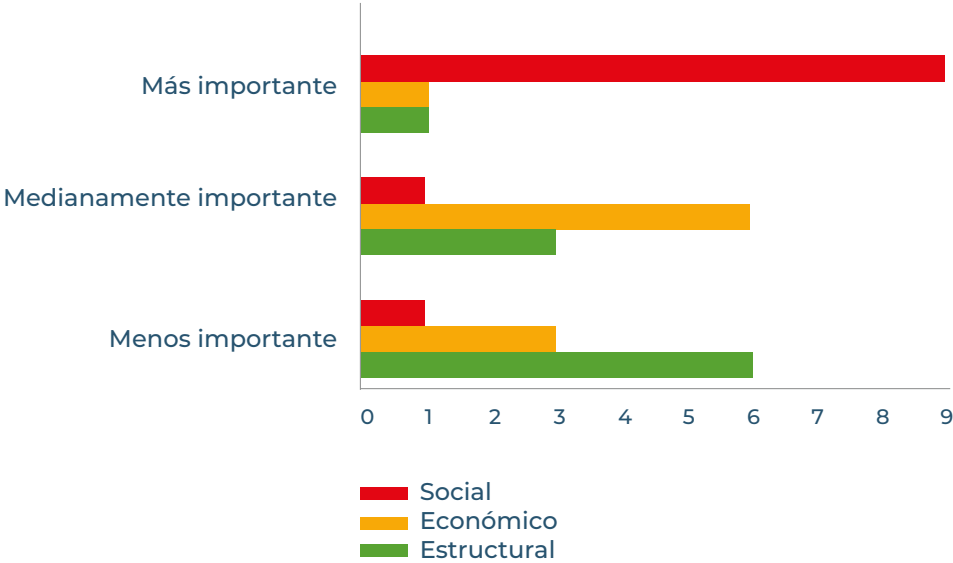
Subcriterios dentro del grupo INFRAESTRUCTURA



Campo	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Varianza	Recuento
Infraestructura sanitaria	1.00	4.00	2.18	1.19	1.42	11
Infraestructura hídrica	1.00	4.00	2.25	1.16	1.35	12
Infraestructura de educación	1.00	4.00	2.55	1.08	1.16	11
Infraestructura energética	1.00	4.00	2.36	1.07	1.14	11

Campo	Primero		Segundo		Tercero		Cuarto		Total
Infraestructura sanitaria	36.36%	4	36.36%	4	00.00%	0	27.27%	3	11
Infraestructura hídrica	41.67%	5	08.33%	1	33.33%	4	16.67%	2	12
Infraestructura de educación	18.18%	2	36.36%	4	18.18%	2	27.27%	3	11
Infraestructura energética	27.27%	3	27.27%	3	27.27%	3	18.18%	2	11

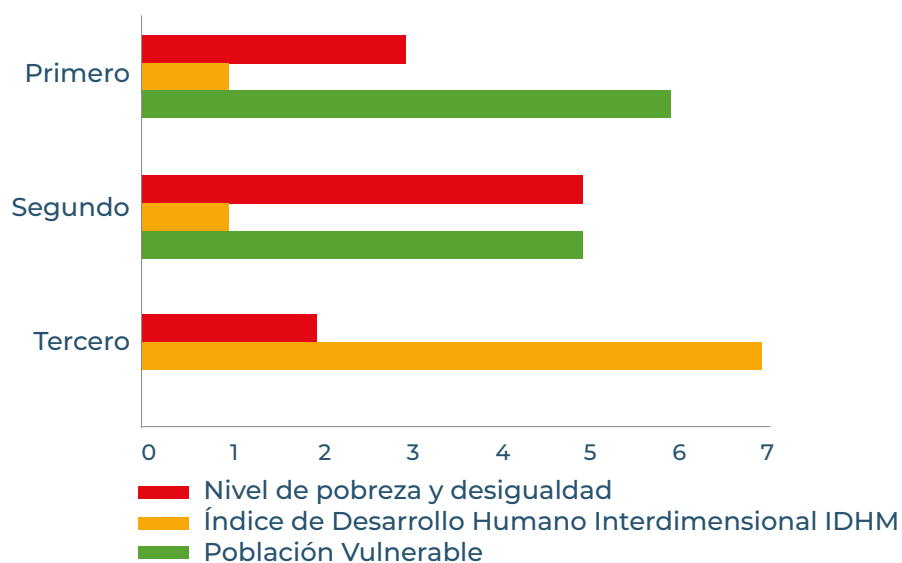
Q8 - Clasificación de los grupos de criterios de SENSIBILIDAD



Campo	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Varianza	Recuento
Social	1.00	3.00	1.27	0.62	0.38	11
Económico	1.00	3.00	2.20	0.60	0.36	10
Estructural	1.00	3.00	2.50	0.67	0.45	10

Campo	Más importante	Medianamente importante	Menos importante	Total
Social	81.82%	9.09%	9.09%	11
Económico	10.00%	60.00%	30.00%	10
Estructural	10.00%	30.00%	60.00%	10

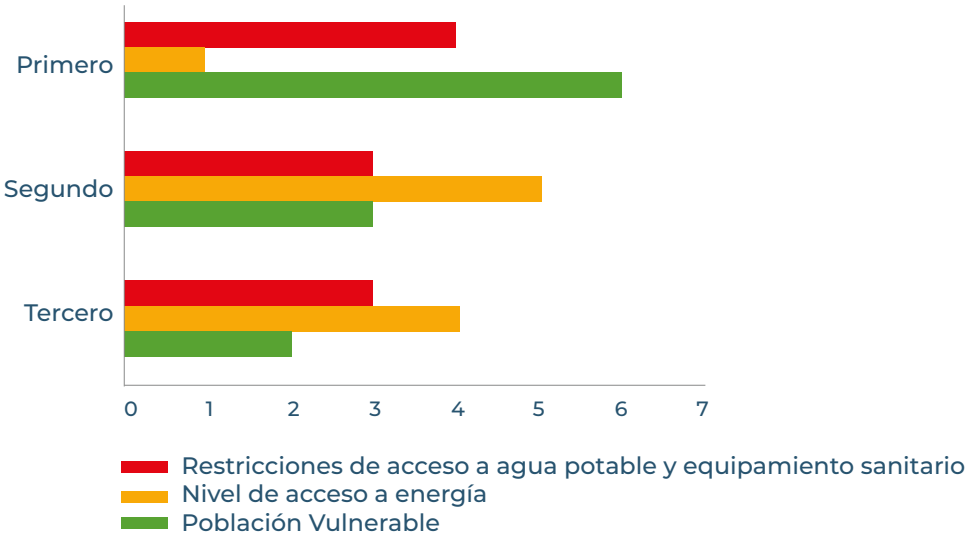
Q9 - Subcriterios dentro del grupo SOCIAL



Campo	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Varianza	Recuento
Nivel de pobreza y desigualdad	1.00	3.00	1.90	0.70	0.49	10
Índice de Desarrollo Humano Interdimensional IDHM	1.00	3.00	2.67	0.67	0.44	9
Población Vulnerable	1.00	2.00	1.45	0.50	0.25	11

Campo	Primero		Segundo		Tercero		Total
Nivel de pobreza y desigualdad	30.00%	3	50.00%	5	20.00%	2	10
IDH Interdimensional	11.11%	1	11.11%	1	77.78%	7	9
Población Vulnerable	54.55%	6	45.45%	5	00.00%	0	11

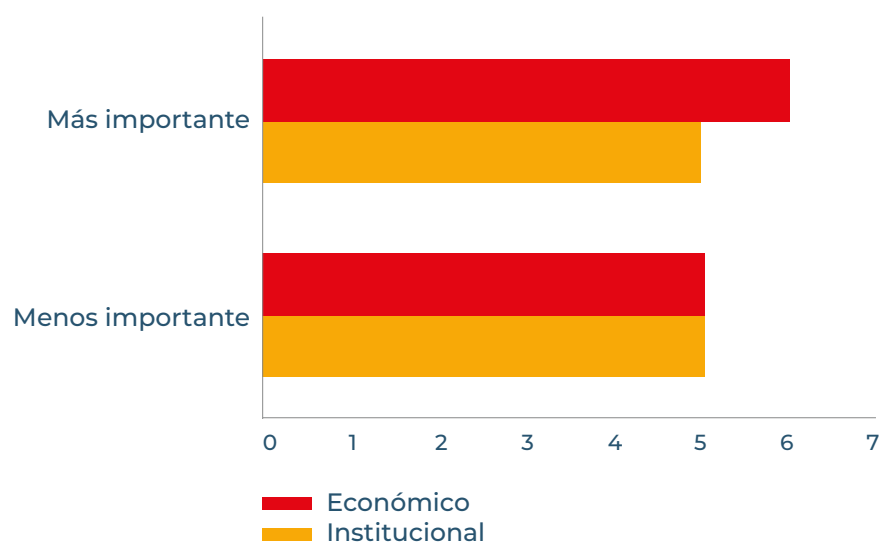
Q10 - Subcriterios dentro del grupo ESTRUCTURAL



Campo	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Varianza	Recuento
Restricciones de acceso a agua potable y equipamiento sanitario	1.00	3.00	1.90	0.83	0.69	10
Nivel de acceso a energía	1.00	3.00	2.70	0.64	0.41	10
Población Vulnerable	1.00	3.00	1.64	0.77	0.60	11

Campo	Primero		Segundo		Tercero		Total
Restricciones de acceso a agua potable y equipamiento sanitario	40.00%	4	30.00%	3	30.00%	3	10
Nivel de acceso a energía	10.00%	1	50.00%	5	40.00%	4	10
Población Vulnerable	54.55%	6	27.27%	3	18.18%	2	11

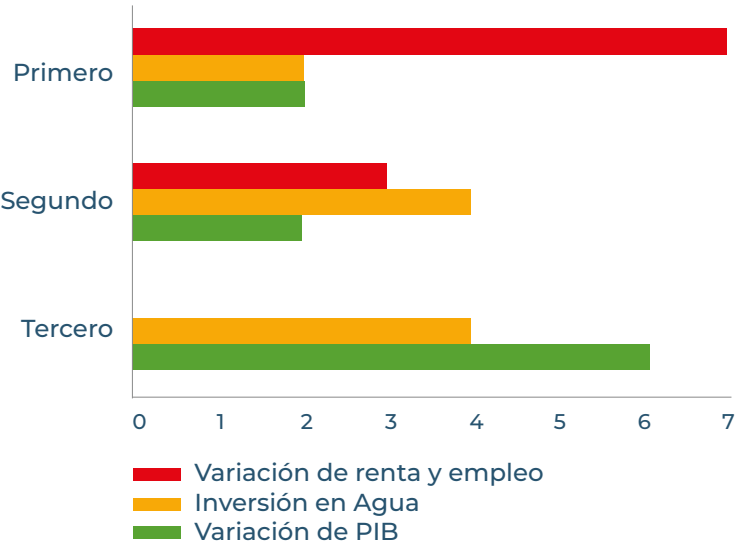
Q11 - Clasificación de criterios de CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN



Campo	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Varianza	Recuento
Económico	1.00	2.00	1.45	0.50	0.25	11
Institucional	1.00	2.00	1.50	0.50	0.25	10

Campo	Más importante		Menos importante		Total
Económico	54.55%	6	45.45%	5	11
Institucional	50.00%	5	50.00%	5	10

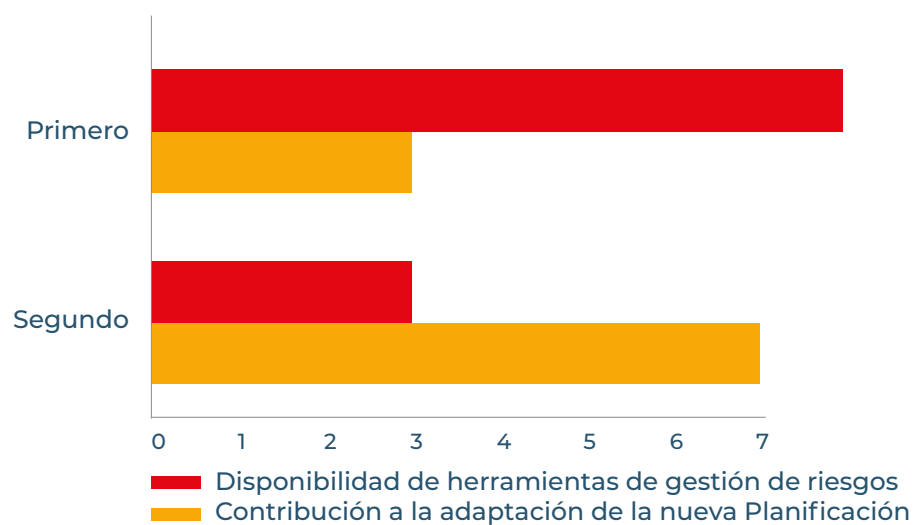
Q12 - Subcriterios dentro del grupo ECONÓMICO



Campo	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Varianza	Recuento
Variación de renta y empleo	1.00	2.00	1.30	0.46	0.21	10
Inversión en Agua	1.00	3.00	2.20	0.56	0.56	10
Variación de PIB	1.00	3.00	2.40	0.80	0.64	10

Campo	Primero		Segundo		Tercero		Total
Variación de renta y empleo	70.00%	7	30.00%	3	0.00%	0	10
Inversión en Agua	20.00%	2	40.00%	4	40.00%	4	10
Variación de PIB	20.00%	2	20.00%	2	60.00%	6	10

Q13 - Subcriterios dentro del grupo INSTITUCIONAL



Campo	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Varianza	Recuento
Disponibilidad de herramientas de gestión de riesgos	1.00	2.00	1.27	0.45	0.20	11
Contribución a la adaptación de la nueva Planificación	1.00	2.00	1.70	0.46	0.21	10

Campo	Primero		Segundo		Total
Disponibilidad de herramientas de gestión de riesgos	72.73%	8	27.27%	3	11
Contribución a la adaptación de la nueva Planificación	30.00%	3	70.00%	7	10



**GOBIERNO DEL
PARAGUAY**

**MINISTERIO DE
OBRAS PÚBLICAS Y
COMUNICACIONES**

**VICEMINISTERIO
DE MINAS Y
ENERGÍA**

MADES

