



NAMA Arroz

Costa Rica, abril 2022





Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG)

Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE)

NAMA Arroz

Coordinación general:

Adriana Lobo Castellón, MAG

Juan Manuel Murguía, BID

Redacción del documento:

Ileana Avalos, CATIE

Corinna Peters, Anthesis Lavola

Felipe Peguero, CATIE

Felipe Torres, Anthesis Lavola

Isabel Román, Anthesis Lavola

Daniela Lizano, CATIE

Comité técnico institucional:

Mauricio Chacón Navarro, MAG

Marco Chinchilla Salazar, MINAE

José Valerín Román, MAG

Adriana Alvarado, CONARROZ

Johnny Montenegro Ballester, INTA-IMN

Ana Gabriela Pérez Castillo, UCR



Presentación

La historia de Costa Rica es evidencia para el mundo en aspectos trascendentales para el desarrollo de la sociedad, la persona y el ambiente. Hemos sido un país ambicioso, en la apuesta por un sistema político democrático, la carrera por la paz y la conservación. De igual manera hemos estado empeñados de forma permanente en el reto por integrar el crecimiento económico y la gestión ambiental. Los beneficios que disfrutamos hoy en el sector agropecuario son sin lugar a dudas el reflejo de decisiones trascendentales y acciones tomadas en el pasado. Nuestra generación ha recibido un sector diversificado, competitivo, productivo y habilitador de desarrollo, pero también con enormes retos para asegurar sostenibilidad.

La producción agropecuaria nacional es mayoritariamente a cielo abierto, por tanto, susceptible al cambio en las variables climáticas. Así mismo, el aumento sostenido en la cobertura por árboles del país comprueba la capacidad de mitigación de gases efecto invernadero que tienen los suelos en uso agropecuario. Nuestro país es pequeño en término de emisiones, pero es líder en acción y compromiso con el cambio climático, esto es un hecho comprobado con la matriz eléctrica, la cobertura forestal y recientemente con el impulso a las Acciones de Mitigación Nacionalmente Apropriada (NAMA por sus siglas en inglés) agropecuarias, donde una vez más Costa Rica es innovador, en la implementación de NAMAs en las principales cadenas agropecuarias: ganadería, café, musáceas, arroz y caña de azúcar.

El diseño de la NAMA Arroz de Costa Rica, ha sido un trabajo ambicioso, construido con el protagonismo de la Corporación Arroceras Nacional (CONARROZ) y la participación efectiva de las personas productoras, la institucionalidad pública y la academia. Tiene solidez técnica y sentido práctico que ofrece la visión compartida de los sectores público y privado. Su implementación va a generar sin duda disrupción dentro del sector arrocero.

Agradecemos la confianza recibida desde el sector privado en este proceso, a los funcionarios del sector público por la orientación técnica y al Banco Interamericano de Desarrollo (BID) con cuyos recursos de cooperación internacional fue posible llegar a buen término con esta meta. La NAMA Arroz deberá ser un instrumento de gestión técnica y política, con capacidad de articulación con otras estrategias y proyectos orientados al desarrollo sostenible del país; sin duda representa un avance significativo en el cumplimiento de las metas trazadas en nuestro Plan Nacional de Descarbonización y en nuestra Contribución Nacionalmente Determinada (NDC por sus siglas en inglés) ante el Acuerdo de París.

Luis Renato Alvarado Rivera
Ministro
Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG)

Rolando Castro Córdoba
Ministro
Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE)



Contenido

Lista de Figuras	6
Lista de Cuadros.....	7
Lista de Anexos	8
Acrónimos.....	9
Glosario.....	11
Resumen Ejecutivo	14
1 Introducción y objetivo de la NAMA Arroz de Costa Rica.....	26
2 Contextualización del sector arrocero en Costa Rica.....	26
2.1 Caracterización socioeconómica.....	27
2.2 Actores relevantes	30
2.2.1 Actores directos.....	31
2.2.2 Actores indirectos.....	32
2.3 Marco normativo y de políticas	34
2.3.1 Marco supranacional	34
2.3.2 Marco nacional.....	35
2.4 Análisis de barreras para implementar la NAMA Arroz.....	36
3 Línea base de la NAMA.....	44
4 Medidas de la NAMA	45
4.1 Priorización y selección de medidas	45
4.2 Descripción de las medidas priorizadas	46
4.2.1 Cambios en los regímenes hídricos.....	46
4.2.2 Manejo integrado de fertilización reduzcan emisiones.....	48
4.2.3 Optimización del uso de variedades.....	48
5 Escenarios de emisiones	49
6 Evaluación económica de las medidas NAMA.....	55
6.1 Análisis financiero	55
6.1.1 Impacto incremental de cada medida.....	55
6.1.2 Impacto económico de las medidas priorizadas de forma integral.....	56
6.2 Costo y curva marginal de abatimiento de las medidas de mitigación	58
7 Teoría del Cambio.....	61



7.1	Elementos de la Teoría de Cambio	61
7.1.1	Transformación	61
7.1.2	Resultados de impacto	62
7.1.3	Resultados de implementación.....	64
7.1.4	Barreras.....	64
8	Diseño Operacional de la NAMA	65
8.1	Mecanismo de Gobernanza	66
8.1.1	Nivel 1 – Comisión de Alto Nivel (CAN).....	66
8.1.2	Nivel 2 – Secretaría Ejecutiva	67
8.1.3	Nivel 3 – Comité Técnico	69
8.1.4	Nivel 4 – Componentes operativo	70
8.1.5	Consideraciones importantes sobre el esquema de gobernanza	71
8.2	Mecanismo de acompañamiento técnico	72
8.3	Mecanismo de Innovación y Desarrollo	76
8.4	Mecanismo de Mercadeo y Comercialización.....	79
8.5	Mecanismo Financiero.....	82
8.5.1	Fuentes de financiamiento potenciales para la NAMA.....	82
8.5.2	Propuesta del mecanismo de financiamiento de la NAMA.....	86
9	Plan de inversión de la NAMA	87
9.1	Alcance y período de implementación de la NAMA	88
9.2	Inversión para financiar el modelo de producción bajo en carbono.....	89
9.3	Inversión para las acciones habilitadoras NAMA.....	93
9.4	Costo de la NAMA arroz por tonelada de CO ₂ eq reducida	98
10	Sistema de Medición, Reporte y Verificación	99
10.1	Medición	103
10.2	Reporte	104
10.3	Verificación	106
10.4	Planteamiento inicial de la administración del sistema MRV	108
10.5	Metodología de cálculo de emisiones de GEI y secuestro de C	109
11	Consideraciones finales	109
	Referencia bibliográfica	111
	Anexos	115



Lista de Figuras

Figura 1: Barreras principales para la transformación del sector arrocero hacia una producción bajo en carbono.	15
Figura 2: Línea base BAU vs E1, E2 y E3, Gg de CO ₂ eq.....	20
Figura 3. Caracterización de los actores directos.....	31
Figura 4. Caracterización de los actores indirectos.....	32
Figura 5. Emisiones generadas para el sector arrocero (2000-2030).....	44
Figura 6. Línea base desagregada por GEI del sector arrocero para la serie 2000-2030.	45
Figura 7. Tubo de agua Pani para monitorear el nivel de agua en el suelo.	47
Figura 8. Línea base BAU vs E1, E2 y E3, Gg de CO ₂ eq.....	52
Figura 9. Indicador de productividad NAMA arroz, año 2030 dado en toneladas de CO ₂ eq.....	54
Figura 10. Intensidad de emisiones de GEI por sistema de producción.	58
Figura 11. Curva de abatimiento de emisiones de GEI por sistema de producción y medidas.....	60
Figura 12. Teoría del Cambio de la NAMA Arroz.	63
Figura 13. Estructura de la NAMA e interrelaciones entre mecanismos operativos	65
Figura 14. Esquema del mecanismo de Gobernanza de NAMA Arroz.....	66
Figura 15. Modalidad de asistencia técnica de CONARROZ y oportunidades de mejora para la NAMA Arroz.	73
Figura 16. Modalidad de II+D actual en el sector arrocero y oportunidades de mejora para la NAMA.....	77
Figura 17. Propuesta del mecanismo de mercadeo y comercialización para la NAMA Arroz.	79
Figura 18. Fuentes de financiamos para las acciones habilitadores de la NAMA.	85
Figura 19. Representación gráfica de la operatividad entre CONARROZ y el SBD para financiar a los productores de arroz NAMA.	87
Figura 20. Selección y distribución de fincas pilotos a intervenir durante el Plan Piloto.	89
Figura 21. Conceptualización del MRV de para la NAMA arroz	100
Figura 22. Proceso de registro de datos de CONARROZ en el cual se apalancará la NAMA Arroz.....	102



Lista de Cuadros

Cuadro 1. Necesidades de recursos para financiar la NAMA (USD Millones), diferenciando entre escenarios y destino de las Inversiones.	24
Cuadro 2. Área sembrada de arroz en el período 2019/2020 según región y épocas de siembra en hectáreas.	27
Cuadro 3. Número de productores y área sembrada por estrato, y región, 2019-2020.	28
Cuadro 4. Producción nacional según sistema de producción.	28
Cuadro 5. Condiciones climáticas de cada región.	29
Cuadro 6. Análisis de las barreras identificadas.	36
Cuadro 7. Supuestos empleados en la construcción de la línea base para el sector arrocero, serie 2000-2030.	52
Cuadro 8. Resumen de impacto de medidas priorizadas comparado con la línea base para un ciclo de producción.	55
Cuadro 9. Resultados de intervenciones por ha/año para arroz anegado en dolares.	57
Cuadro 10. Costo de abatimiento de emisiones, luego de aplicar las medidas de mitigación.	59
Cuadro 11. Costos de abatimiento de emisiones por medida NAMA priorizada.	61
Cuadro 12. Número de fincas y área objetivos durante el plan piloto y los escalamientos de la NAMA arroz, asumiendo escenario medio (E1) de mitigación.	88
Cuadro 13. Necesidades de inversión para transformar las fincas del Plan Piloto NAMA, asumiendo escenario medio de mitigación.	90
Cuadro 14. Necesidades de inversión para transformar las fincas del plan piloto, diferenciando entre escenarios de intervención.	90
Cuadro 15. Inversión incremental y acumulada para escalar la NAMA Arroz, bajo el escenario medio (E1).	91
Cuadro 16. Inversión incremental y acumulada para escalar la NAMA Arroz, bajo el escenario conservador (E2). ..	92
Cuadro 17. Inversión incremental y acumulada para escalar la NAMA Arroz, bajo el escenario optimista (E3).	92
Cuadro 18. Flujos de financiamientos (acumulado) requerido para la transformación de fincas NAMA, asumiendo el escenario medio (E1).	93
Cuadro 19. Estimación de costo en de las acciones habilitadoras de la NAMA para el Escenario 1 (medio), considerando escalamientos hasta el 2030.	94
Cuadro 20. Fuentes de financiamiento potencial para financiar las acciones habilitadoras de la NAMA, considerando el Escenario 1 (medio) y los escalamientos hasta el 2030.	95
Cuadro 21. Financiamiento total requerido (USD Millones) para financiar la producción baja en carbono y las acciones habilitadoras de la NAMA, considerando el Escenario 1 (medio) y los escalamientos hasta el 2030.	95
Cuadro 22. Categoría de las acciones habilitadoras NAMA y su justificación.	95
Cuadro 23. Costo de reducir una tCO ₂ eq con la implementación de la NAMA Arroz.	99
Cuadro 24. Plantilla de Cálculo de Balance de CO ₂ eq: Emisiones-Remociones.	104



Lista de Anexos

Anexo 1. Marco conceptual para analizar barreras para financiar producción baja en carbono desde la perspectiva de la banca	115
Anexo 2. Flujos e indicadores financieros para finca (1 ha) de arroz anegado antes de intervención.....	116
Anexo 3. Flujos e indicadores financieros para para una finca (ha) de arroz anegado luego de aplicar paquete de intervención.....	118
Anexo 4. Flujos incrementales e indicadores financieros antes y después de la intervención de finca de arroz anegado.....	119
Anexo 5. Flujos e indicadores financieros para una finca promedio de arroz seco con dos ciclos de producción/año, antes de intervención.....	120
Anexo 6. Flujos e indicadores financieros para una finca promedio de arroz seco con dos ciclos de producción/año, después de la intervención.....	121
Anexo 7. Flujo de caja incremental e indicadores financieros del paquete de medidas NAMA, arroz en seco con dos ciclos de producción.....	122
Anexo 8. Flujos e indicadores financieros para arroz en seco con solo un ciclo de producción, luego de implementar medidas de mitigación.....	123
Anexo 9. Lista de actividades y procesos de producción, que se consideran como fuente de emisión en la producción de arroz.....	124
Anexo 10. Registro de variables a levantar por medida para calcular emisiones y mitigación.....	126
Anexo 11. Registro de variables para medidas complementarias de mitigación.....	128
Anexo 12. Emisiones relacionadas a los regímenes hídricos (M1) y variedades (M3).....	129
Anexo 13. Emisiones relacionadas a fertilización (M3).....	130
Anexo 14. Cálculos de emisiones por consumo de combustible fósil.....	132
Anexo 15. Remociones de CO ₂ a través de bosque secundario.....	133
Anexo 16. Remoción de C a través de Plantaciones Forestales.....	135
Anexo 17. Remoción con árboles en finca.....	136
Anexo 18. Estimación de costo en de las acciones habilitadoras de la NAMA para el Escenario 1 (medio), sin considerar los escalamientos hasta el 2030.....	137
Anexo 19. Estimación de costo en de las acciones habilitadoras de la NAMA para el Escenario 2 (conservador), considerando los escalamientos hasta el 2030.....	138
Anexo 20. Estimación de costo en de las acciones habilitadoras de la NAMA para el Escenario 3 (Optimista), considerando los escalamientos hasta el 2030.....	139
Anexo 21. Estimación de costo en de las acciones habilitadoras de la NAMA para el Escenario 2 (conservador), sin considerar los escalamientos hasta el 2030.....	140
Anexo 22. Estimación de costo en de las acciones habilitadoras de la NAMA para el Escenario 3 (Optimista), sin considerar los escalamientos hasta el 2030.....	141
Anexo 23. Tasa de consumo de combustible fósil por actividad en la producción de arroz.....	142



Acrónimos

AFOLU	Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra
ANINSA	Asociación Nacional de Industriales del Sector Arrocero
AWD	Alternancia de humectación y secado
BAU	Business as Usual (negocios como siempre)
CMNUCC	Convención Marco de Naciones Unidas contra el Cambio Climático
CONARROZ	Corporación Arrocera Nacional
CONITTA	Comisión Nacional de Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria
DAC	Distribuidora Agro Comercial
DCC	Dirección de Cambio Climático
DEMASA	Derivados de Maíz S.A
GEI	Gases de efecto invernadero
IICE	Instituto de Investigaciones en Ciencias Económicas
IPCC	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
INDARROZ	Industriales de Arroz de Costa Rica
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos de Costa Rica
INIA	Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Chile
INS	Instituto Nacional de Seguros
INTA	Instituto Nacional de Transferencia de Tecnología
LMR	Niveles máximos de residuos permitidos
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería
MEIC	Ministerio de Economía, industria y comercio
MICITT	Ministerio de Ciencia, Innovación, Tecnología y Telecomunicaciones
MINAE	Ministerio de Ambiente y Energía
NAMA	Acción Nacional Apropriada de Mitigación
NDC	Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional
ONS	Oficina Nacional de Semillas
PITTA-Arroz	Programa de Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria-arroz
PNDIP	Plan Nacional de Desarrollo e Inversión Pública
REDD+	Reducción de emisiones derivadas de la deforestación y la degradación forestal
RVC	Registro de variedades comerciales
SENARA	Servicio Nacional de Riego y Avenamiento
SEPSA	Sector Agropecuario, Pesquero y Rural



SFE	Servicio Fitosanitario del Estado
TEC	Tecnológico de Costa Rica
UCR	Universidad de Costa Rica
UNA	Universidad Nacional Autónoma de Costa Rica
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change



Glosario

El siguiente glosario se presentan términos relevantes, tomados a partir de definiciones de fuentes internacionales (IPCC y UNFCCC) y fuentes nacionales (MAG, INEC), sin embargo, se ha llevado a cabo un trabajo adicional en áreas de la coherencia y el afinamiento de algunos términos, referenciadas en cada caso.

Absorción: La adición de una sustancia de preocupación a un depósito. La absorción de sustancias que contienen carbono, en particular dióxido de carbono, se denomina a menudo secuestro (de carbono) (IPCC, 2001)¹.

Adaptación: Ajuste de los sistemas humanos o naturales frente a entornos nuevos o cambiantes. La adaptación al cambio climático se refiere a los ajustes en sistemas humanos o naturales como respuesta a estímulos climáticos proyectados o reales, o sus efectos, que pueden moderar el daño o aprovechar sus aspectos beneficiosos. Se pueden distinguir varios tipos de adaptación, entre ellas la preventiva y la reactiva, la pública y privada, o la autónoma y la planificada (IPCC, 2001)¹.

Atmosfera: Cubierta gaseosa que rodea la Tierra. La atmósfera seca está formada casi en su integridad por nitrógeno (78,1 por ciento de la proporción de mezcla de volumen) y por oxígeno (20,9 por ciento de la proporción de mezcla de volumen), junto con una serie de pequeñas cantidades de otros gases como argón (0,93 por ciento de la mezcla de volumen), el helio, y gases radiactivos de efecto invernadero como el dióxido de carbono (0,035 por ciento de la mezcla de volumen) y el ozono. Además, la atmósfera contiene vapor de agua, con una cantidad variable pero que es normalmente de un 1 por ciento del volumen de mezcla. La atmósfera también contiene nubes y aerosoles. (IPCC, 2001)¹.

Calentamiento Global: Incremento progresivo y gradual de la temperatura superficial de la tierra, potencialmente causado por gases de efecto invernadero y responsable de los cambios en los patrones del clima (UNFCCC, 2016)².

Cambio Climático: Cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables (UNFCCC, 1992)³.

Clima: En sentido estricto, se suele definir el clima como 'estado medio del tiempo' o, más rigurosamente, como una descripción estadística del tiempo en términos de valores medios y variabilidad de las cantidades pertinentes durante períodos que pueden ser de meses a miles o millones de años. El período normal es de 30 años, según la definición de la Organización Meteorológica Mundial (OMM). Las cantidades aludidas son casi siempre variables de la superficie (por ejemplo, temperatura, precipitación o viento), aunque en un sentido más amplio el 'clima' es una descripción (incluso una descripción estadística) del estado del sistema climático (IPCC, 2001)¹.

¹ IPCC, 2001. Tercer Informe de Evaluación. Anexo B. Glosario de Términos. Obtenido de: <https://archive.ipcc.ch/pdf/glossary/tar-ipcc-terms-sp.pdf>

² UNFCCC (2016), Glosario. Obtenido de: http://unfccc.int/resource/cd_roms/na1/ghg_inventories/english/8_glossary/Glossary.htm

³ UNFCCC (1992), Convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático. Obtenido de: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>



CO2 equivalente (CO2eq): Concentración de dióxido de carbono que podría causar el mismo grado de forzamiento radiactivo que una mezcla determinada de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero (IPCC, 2001)¹.

Curvas marginales de abatimiento: Un gráfico que indica el costo, generalmente en USD/t de CO₂, asociado con la última unidad (costo marginal) de emisión abatida para distintas cantidades de emisiones reducidas. (BID,2013)⁴

Dióxido de Carbono (CO₂): Gas que se produce de forma natural, y también como subproducto de la combustión de combustibles fósiles y biomasa, cambios en el uso de las tierras y otros procesos industriales. Es el principal gas de efecto invernadero antropogénico que afecta al equilibrio de radiación del planeta. Es el gas de referencia frente al que se miden otros gases de efecto invernadero y, por lo tanto, tiene un Potencial de calentamiento mundial de 1 (IPCC, 2001)¹

Efecto Invernadero: Los gases de efecto invernadero absorben la radiación infrarroja, emitida por la superficie de la Tierra, por la propia atmósfera debido a los mismos gases, y por las nubes. La radiación atmosférica se emite en todos los sentidos, incluso hacia la superficie terrestre. Los gases de efecto invernadero atrapan el calor dentro del sistema de la troposfera terrestre. A esto se le denomina 'efecto invernadero natural.' La radiación atmosférica se vincula en gran medida a la temperatura del nivel al que se emite. En la troposfera, la temperatura disminuye generalmente con la altura. En efecto, la radiación infrarroja emitida al espacio se origina en altitud con una temperatura que tiene una media de -19°C, en equilibrio con la radiación solar neta de entrada, mientras que la superficie terrestre tiene una temperatura media mucho mayor, de unos +14°C. Un aumento en la concentración de gases de efecto invernadero produce un aumento de la opacidad infrarroja de la atmósfera, y por lo tanto, una radiación efectiva en el espacio desde una altitud mayor a una temperatura más baja. Esto causa un forzamiento radiactivo, un desequilibrio que sólo puede ser compensado con un aumento de la temperatura del sistema superficie– troposfera. A esto se denomina 'efecto invernadero aumentado' (IPCC, 2001)¹.

Gases de Efecto Invernadero (GEI): Componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropógenos, que absorben y reemiten radiación infrarroja (UNFCCC, 1992)³.

Impactos (climáticos): Consecuencias del cambio climático en sistemas humanos y naturales. Según la medida de la adaptación, se pueden distinguir impactos potenciales e impactos residuales. Impactos potenciales: Todos los impactos que pueden suceder dado un cambio proyectado en el clima, sin tener en cuenta las medidas de adaptación. Impactos residuales: Los impactos del cambio climático que pueden ocurrir después de la adaptación. (IPCC, 2001)¹.

Metano (CH₄): Hidrocarburo que es un gas de efecto invernadero, producido por la descomposición anaerobia (sin oxígeno) de residuos en vertederos, digestión animal, descomposición de residuos animales, producción y distribución de gas natural y petróleo, producción de carbón, y combustión incompleta de combustibles fósiles.

¹ IPCC, 2001. Tercer Informe de Evaluación. Anexo B. Glosario de Términos. Obtenido de: <https://archive.ipcc.ch/pdf/glossary/tar-ipcc-terms-sp.pdf>

³ UNFCCC (1992), Convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático. Obtenido de: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>

⁴ BID (2013), Desarrollo de una metodología para la construcción de curvas de abatimiento de emisiones de GEI incorporando la incertidumbre asociada a las principales variables de mitigación. Nota Técnica IDBTN-541. Obtenido de <https://publications.iadb.org>.



El metano es uno de los seis gases de efecto invernadero que se intenta reducir en el marco del Protocolo de Kioto (IPCC, 2001)¹.

Mitigación: Intervención antropogénica para reducir las fuentes o mejorar los sumideros de gases de efecto invernadero (IPCC, 2001)¹.

Óxido Nitroso (N₂O): Potente gas de efecto invernadero emitido con el uso de cultivos en tierras, especialmente el uso de fertilizantes comerciales y orgánicos, la combustión de combustibles fósiles, la producción de ácido nítrico, y la combustión de biomasa. Uno de los seis gases de efecto invernadero que se intentan reducir con el Protocolo de Kioto (IPCC, 2001)¹.

Resistencia: Cantidad de cambio que puede soportar un sistema sin que cambie con ello su estado. (IPCC, 2001)¹.

Resiliencia: Capacidad de un sistema social o ecológico de absorber una alteración sin perder ni su estructura básica o sus modos de funcionamiento, ni su capacidad de autoorganización, ni su capacidad de adaptación al estrés y al cambio (IPCC, 2000)⁵

Secuestro: Proceso de aumento del contenido en carbono de un depósito de carbono que no sea la atmósfera. Desde un enfoque biológico incluye el secuestro directo de dióxido de carbono de la atmósfera mediante un cambio en el uso de las tierras, forestación, reforestación, y otras prácticas que mejoran el carbono en los suelos agrícolas. Desde un enfoque físico incluye la separación y eliminación del dióxido de carbono procedente de gases de combustión o del procesamiento de combustibles fósiles para producir fracciones con un alto contenido de hidrógeno y dióxido de carbono y el almacenamiento a largo plazo bajo tierra en depósitos de gas y petróleo, minas de carbón y acuíferos salinos agotados (IPCC, 2001)¹.

Sumidero: Cualquier proceso, actividad o mecanismo que retira de la atmósfera un gas de efecto invernadero, un aerosol, o un precursor de gases de efecto invernadero (IPCC, 2001)¹.

Vulnerabilidad: Nivel al que un sistema es susceptible, o no es capaz de soportar, los efectos adversos del cambio climático, incluida la variabilidad climática y los fenómenos extremos. La vulnerabilidad está en función del carácter, magnitud y velocidad de la variación climática al que se encuentra expuesto un sistema, su sensibilidad, y su capacidad de adaptación (IPCC, 2001)¹.

¹ IPCC, 2001. Tercer Informe de Evaluación. Anexo B. Glosario de Términos. Obtenido de: <https://archive.ipcc.ch/pdf/glossary/tar-ipcc-terms-sp.pdf>

⁵ IPCC, 2000: Informe Especial del IPCC sobre el Uso de la Tierra, Cambios en el Uso de la Tierra y Silvicultura, R.T. Watson, I.R. Noble, B. Bolin, N.H. Ravindranath, D.J. Verardo y D.J. Dokken, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, y Nueva York, 377 pp.



Resumen Ejecutivo

Introducción

El documento resume la estrategia para la implementación de Acciones Nacionales Apropriadas de Mitigación (NAMAs por su sigla en inglés) en el sector arrocerero de Costa Rica (“NAMA Arroz”). Esta NAMA Arroz pretende lograr un cambio transformacional en la cadena de valor del cultivo, industrialización, comercialización y gestión rentable de arroz con enfoque climático.

El sector de arroz contribuye significativamente a las emisiones de GEI del país. Según el Inventario Nacional de Emisiones más reciente, el cultivo del arroz emitió 218,6 Gg de CO₂eq en 2017, valor que corresponde a más de un **7 % de las emisiones** totales de CO₂eq del **sector agrícola**, y un **1,5 % de las emisiones totales de CO₂eq del país** (MINAE, IMN, 2021) (sin tener en cuenta el sector silvicultura y otros usos de la tierra). En este sentido, cobra especial importancia la inclusión de la NAMA Arroz en las metas nacionales de descarbonización.

El presente trabajo se enmarca en el proyecto “Apoyo a las reformas de política e implementación de Soluciones Basadas en Naturaleza y Agricultura Climáticamente Inteligente que contribuyen al Plan Nacional de Descarbonización de Costa Rica”, financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

Se ha realizado una contextualización y diagnóstico del sector arrocerero, un análisis de barreras identificadas, la elaboración de la línea de base de emisiones del sector al 2030, y la selección y priorización de las medidas a incorporar en la NAMA según su interés agronómico. Además, se ha desarrollado una evaluación económica de las medidas y un plan de inversión, el diseño operacional de la NAMA, y un sistema de MRV.

Contextualización del sector arrocerero de Costa Rica

En Costa Rica, la producción arrocerera abarca un total de 33.048 ha de producción divididos en 5 regiones productivas del país: la Región Chorotega (51% del total del área arrocerera del país), la Región Brunca (20% del área), y en tercer lugar la Región Pacífico Central con un 17%, seguido por las regiones Huetar Norte (12%) y Huetar Atlántica (1%). En el período 2019-2020, la producción total fue de 149.339 toneladas métricas de arroz en granza (CONARROZ, 2020), para una productividad promedio de 4.51 ton/ha.

En Costa Rica, al año 2020 se contabilizaban 497 productores de arroz, donde el 75% se clasifican como micro y pequeño, con menos de 50 ha, y siembran arroz en el 17% del parque arrocerero del país. Por el contrario, 7% de los productores son clasificados como grandes (más de 200 hectáreas) y siembra el 58% del área arrocerera nacional (Centro Estadístico Arrocerero, 2020).

En los últimos años, la cantidad de productores y el área sembrada se ha reducido drásticamente, entre otras cosas por las condiciones del mercado y los impactos de los eventos climáticos en la producción. Los cambios y variaciones en el patrón de comportamiento del clima provocan una difícil predicción de las condiciones para planificar y llevar a cabo la producción de arroz, especialmente en secano.

Las emisiones en el sector arrocerero provienen mayoritariamente de los aportes de CH₄ resultantes de la descomposición de la materia orgánica bajo condiciones anaerobias, y de la incorporación de material vegetal bajo condiciones de inundación o anegamiento del cultivo de arroz (83% de las emisiones), seguidas del N₂O de las fuentes nitrogenadas con el 12%. Por otra parte, las emisiones asociadas al consumo de energía representan al 4% y las asociadas al CO₂ provenientes del uso de cal y urea corresponden al 1% restante.



A continuación, se presentan las barreras principales para transformar el sector arrocero de Costa Rica en un sector de producción bajo en carbono. Las barreras fueron identificadas durante los talleres con productores y técnicos.

Figura 1: Barreras principales para la transformación del sector arrocero hacia una producción bajo en carbono.



Fuente: La presente investigación.

Medidas

Para enfrentar estas barreras y lograr una transformación del sector hacia una producción baja en carbono, se seleccionaron tres medidas claves con mayor potencial de reducción de emisiones: (i) cambios en los regímenes hídricos; (ii) prácticas de fertilización que reduzcan emisiones; y (iii) uso de variedades de arroz adaptadas.

A continuación, se describe las medidas priorizadas y sus beneficios.

1. Cambios en los regímenes hídricos	
Descripción	<ul style="list-style-type: none"> • Pasar de arroz anegado a riego con la metodología de drenajes múltiple (AWD por sus siglas en inglés). • Realizar riegos intermitentes donde el suelo tiene periodos inundados y secos de manera intermitente, permitiendo aireación del suelo. • ¡Atención!: tiempos de aireación deben realizarse cuidadosamente para evitar estrés hídrico en la planta, y no comprometer la productividad.
¿Cómo implementar?	Existen varios métodos de implementación (i.e., sensores de humedad del suelo, monitoreo visual). El método más costo efectivo es mediante el uso de un "tubo de



	<p>agua de campo (tubería pani)", el cual se usa para monitorear la profundidad del agua en el suelo. Después del riego, la profundidad del agua disminuirá gradualmente. Cuando el nivel del agua haya descendido unos 15 cm por debajo de la superficie del suelo (i.e., una presión aprox. de -10 kilopascal a esa profundidad), se debe aplicar riego para volver a inundar el campo hasta una capa de agua de unos 5 cm. La cantidad de días entre riegos puede variar de 1 a más de 10 días dependiendo de factores como el tipo de suelo, el clima y la etapa de crecimiento del cultivo. Cercano a la floración (± 1 semana), el campo debe mantenerse inundado. Después de la floración, durante el llenado y la maduración del grano, se puede permitir que el nivel del agua baje nuevamente a 15 cm por debajo de la superficie del suelo antes de volver a regar. La AWD se puede iniciar unas pocas semanas (1 a 2 semanas) después de la siembra. Cuando hay muchas malezas presentes, la AWD debe posponerse durante 2 o 3 semanas para ayudar a suprimir las malezas con el suelo anegado de agua y así mejorar la eficacia del herbicida. La fertilización puede ser igual que como se realiza para el arroz inundado, pero debería aplicarse fertilizante N preferiblemente en el suelo seco justo antes del riego.</p>
Beneficios	<p>Reduce la descomposición anaeróbica de la materia orgánica en el suelo, reduciendo las emisiones de metano</p> <p>intensidad de carbono de arroz producido se reduce en un 60% (de 3,49 a 1,37 kg de CO₂eq por kg de arroz producido)</p>
Costos financieros	Costo unitario de producción incrementa por 0,005 USD (1,33 %) por kg de arroz
Costo de abatimiento	2.36 USD / tCO ₂ eq reducido

2. Manejo integrado de fertilización para la reducción de emisiones

Descripción	<p>Esta medida incluye:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Cambios en la práctica de fertilización nitrogenada sintética. 1) Aplicar urea luego de drenar el terreno y cuando el suelo arcilloso se agrieta, así la urea queda atrapada en las grietas, reduciendo pérdidas por volatilización. 2) Uso de fertilizantes de liberación lenta, inhibidores de ureasa, reduciendo la actividad de nitrógeno, y reduciendo la consecuente volatilización de nitrógeno. 3) Aplicar fertilizantes (inorgánicos y/u orgánicos; N, P y/o K) en los momentos y cantidades óptimos según: necesidades de la planta, fertilidad del suelo, rendimiento esperado, y recomendaciones técnicas de CONARROZ. 4) Utilizar sistemas naturales de mejora de la fertilidad del suelo. Por ejemplo, rotación de cultivos, cultivos intercalados y/o cultivos de cobertura no invasivos, barbecho con abono verdes para incorporar al suelo, rotación con leguminosas fijadoras de nitrógeno. 5) Aplicar material orgánico (p.e., estiércol animal, abono verde, mantillo, paja de arroz) solo cuando las condiciones son favorables (p. e., materia orgánica o desechos en estado compostado se le da suficiente tiempo para su descomposición antes de la inundación).
-------------	--



¿Cómo implementar?	¡Atención!: Los productores en secano tienen mayores problemas de optimización debido a que la lluvia no siempre coincide con los momentos óptimos de fertilización.
Beneficios	Reduciendo las emisiones directas e indirectas de N ₂ O Incrementa la rentabilidad
Costos financieros	Riego: costo se reduce por 0,032 USD (9.7%) por kg de arroz Secano: costo se reduce por 0,014 USD (21%) por kg de arroz
Costo de abatimiento	Riego: -150 USD / tCO ₂ eq Secano: - 50 USD / tCO ₂ eq

3. Optimización del uso de variedades

Descripción	Optimizar el uso de variedades mejoradas, priorizando su adaptabilidad a las condiciones locales y su duración (días/ciclo)
¿Cómo implementar?	<p>Para lograr la optimización en el uso de variedades es importante considerar las siguientes acciones:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Que las semillas de siembra estén libres de semillas de malezas, plagas y enfermedades. 2) Usar semillas certificadas 3) Si el productor guarda semilla para la siembra, asegurar un control de calidad adecuado (i.e., análisis de pureza varietal, sin semillas de malezas, pruebas de germinación, almacenamiento seguro, control de hongos). También eliminar otro tipo de plantas en el campo antes de la cosecha, y que el tiempo de almacenamiento no exceda los 3 ciclos de cultivo. 4) Siembra de la semilla en momentos oportuno y apropiado de acuerdo con el clima local. 5) Uso de variedades adecuadas para el clima local y el sistema de producción. 6) Optimizar la fertilización a cada variedad de arroz 7) Si el sistema de producción es secano: Almacenamiento de agua de lluvia in situ (i.e., taipas, otros) para riego suplementario, ya que se potencializa el desempeño productivo. 8) Si es sistema de riego: Nivelación con provisión de drenaje menores. 9) Siembra sincronizada 10) El arroz se cosecha en el momento adecuado (humedad óptima) para garantizar la calidad del grano
Beneficios	Incrementar la productividad y reducir la intensidad de emisiones
Costos financieros	Riego: costo se reduce por 0,003 USD (8,3%) por kg de arroz Secano: costo se reduce por 0,019 USD (9%) por kg de arroz
Costo de abatimiento	Riego: -10 USD / t CO ₂ eq reducido

Este análisis indica que todas las medidas, con la excepción de cambios en el régimen hídrico (i.e., AWD), mejoran las eficiencias en costos, traducándose en mayores niveles de rentabilidad mientras se reducen las emisiones. A pesar de que la medida AWD, incrementa el costo por kg de arroz, esta tiene un potencial de mitigación diez veces mayor que las otras medidas. Adicionalmente, si se considera un valor monetario para el agua ahorrada (aproximadamente 30%), el desempeño económico de esta medida mejoraría. Sin embargo, al momento de este manuscrito, el costo del agua es fijo (canon), no variando así por el volumen usado.

Potencial de mitigación

El potencial de mitigación de la NAMA se deriva del plan de intervención y las medidas priorizadas. Considerando las tendencias del sector se elaboró una línea base (BAU, por sus siglas en inglés, Business As Usual) para arroz secano y riego. A partir de esta línea base se desarrollaron tres diferentes escenarios de intervención. Cada escenario plantea un porcentaje del área arrocera nacional a intervenir. Así, anualmente un número específico de hectáreas es intervenido con los diferentes paquetes tecnológicos para reducir emisiones GEI. Cada uno de los tres escenarios cuenta con un potencial de mitigación acumulado al año 2030, equivalente a la sumatoria de las reducciones desde el año 2022 hasta el 2030, los cuales se detallan a continuación.

Escenario 1 – Plan Piloto de la NAMA Arroz

Modela la intervención de reducción de emisiones de GEI en 10 productores pequeños, 7 medianos y 3 grandes propuesto en la nota conceptual NAMA Arroz (Costa Rica, 2020), con una tasa de crecimiento anual igual a la línea base correspondiente a un aumento del 4% respecto al dato oficial del año 2019. Se asume una intervención del 8,7% del área arrocera nacional, con lo cual el área intervenida bajo E1 incrementa anualmente. Se mantiene constante hasta el año 2030 la participación del área nacional de producción de arroz bajo riego (46%) y el área en secano (54%). Este escenario asume un aumento del 1% anual del rendimiento nacional de arroz teniendo para el año 2030 un rendimiento nacional de 4,5 toneladas por hectárea. Las medidas seleccionadas y los indicadores para el E1 son:

Medidas seleccionadas incluidas dentro del escenario 1

- Cambios en regímenes hídricos.
- Nuevas prácticas de fertilización que reducen emisiones.

Indicadores de reducción de GEI del escenario 1

- Área intervenida bajo E1 incrementa de 3.234 a 4.426 ha durante el periodo 2022-2030.
- Mitigación de GEI total acumulada al 2030 respecto al BAU: **-78,2** Gg de CO₂eq (-2,4% del BAU).
- Indicador GEI vs producción para el año 2030: **1,9** toneladas de CO₂eq por tonelada producida.
- Inversiones necesarias para financiar la producción baja en carbono y las acciones habilitadoras de la NAMA, se estiman USD 9,17M durante el plan piloto y USD 30,49M para los escalamientos, para un total de USD 39,66M donde las acciones habilitadoras de la NAMA representan el 16%.
- El costo de abatimiento de GEI es de USD 35,70 / tCO₂eq reducida.

Escenario 2 Conservador – Crecimiento anual arrocero conservador con transición gradual a sistemas de arroz riego



El E2 contempla una tasa conservadora de crecimiento anual igual a 0,5% del área nacional cosechada. Adicionalmente, el escenario asume una conversión paulatina del área cosechada al sistema productivo de arroz bajo riego, equivalente a una tasa de 3% anual. Así la proporción del área productividad bajo riego incrementa de 46% en el año 2022 a 70% para el año 2030. Adicionalmente, el E2 también asume un aumento del 3% anual del rendimiento nacional de arroz, teniendo para el año 2030 un rendimiento nacional de 5,4 toneladas por hectárea. Se asume una intervención del 4% del área arroceras nacional, con lo cual el área intervenida bajo E2 incrementa anualmente. Las medidas seleccionadas y los indicadores para el E2 son:

Medidas seleccionadas incluidas dentro del escenario 2

- Cambios en regímenes hídricos.
- Uso de variables adaptadas de arroz.
- Nuevas prácticas de fertilización que reducen emisiones.

Indicadores de reducción de GEI del escenario 2

- Área intervenida bajo E2 incrementa de 1.342 a 1396 ha durante el periodo 2022-2030.
- Mitigación de GEI total acumulada al 2030 respecto al BAU: **-351,7** Gg de CO₂eq (-10% del BAU).
- Indicador GEI vs producción para el año 2030: 2 toneladas de CO₂eq por tonelada producida.
- Inversiones necesarias para financiar la producción baja en carbono y las acciones habilitadoras de la NAMA, se estiman USD 3,33M durante el plan piloto y USD 10.94M para los escalamientos, para un total de USD 14,31M donde las acciones habilitadoras de la NAMA representan el 18%.
- El costo de abatimiento de GEI es de USD 13,66 / tCO₂eq reducida.

Escenario 3 Optimista – Tecnificación sostenible de los sistemas productivos arroceros

Este escenario contempla la incorporación de sistemas tecnificados del sector arroceros, con una tasa de crecimiento anual igual al 4% respecto al dato oficial del año 2019. Al igual que el E2 y la LB la participación de sistemas de riego y secano se mantienen constantes hasta el año 2030 (46% y 54% respectivamente). Este escenario asume un aumento del 4% anual del rendimiento nacional de arroz, teniendo para el año 2030 un rendimiento nacional de 5,8 toneladas por hectárea y donde se incorporan especies mejoradas a las áreas intervenidas. Las medidas seleccionadas y los indicadores para el E2 son:

Medidas seleccionadas incluidas dentro del escenario 3

- Cambios en regímenes hídricos.
- Uso de variables adaptadas de arroz.
- Nuevas prácticas de fertilización que reducen emisiones.

Indicadores de reducción de GEI del escenario 3

- Área intervenida bajo E3 incrementa de 11.436 a 15.651 ha durante el periodo 2022-2030.
- Mitigación de GEI total acumulada al 2030 respecto al BAU: **-622,5** Gg de CO₂eq (-20,5% del BAU).
- Indicador GEI vs producción para el año 2030: **1,2** toneladas de CO₂eq por tonelada producida.

- Inversiones necesarias para financiar la producción baja en carbono y las acciones habilitadoras de la NAMA, se estiman USD 31,69M durante el plan piloto y USD 77,62M para los escalamientos, para un total de USD 109,31M donde las acciones habilitadoras de la NAMA representan el 17,5%.
- El costo de abatimiento de GEI es de USD 4,65 / t CO₂eq reducida.

En la siguiente figura se aprecian las emisiones relacionadas con la línea base (en azul continuo desde el año 2000) y los 3 escenarios propuestos para el desarrollo de la NAMA, donde sobresale el potencial de mitigación del E3 versus la línea base con una reducción de emisiones del 20,5%.

Figura 2: Línea base BAU vs E1, E2 y E3, Gg de CO₂eq.



Fuente: La presente investigación.

Teoría del cambio

En esta Teoría del Cambio (TdC) se presenta la relación causal que evidencia cómo se perciben el proceso transformacional del sector arrocero. La TdC parte del análisis de **barreras**, **las actividades** necesarias para dismantelarlas, las cuales se ejecutan para lograr **productos** de implementación (detallados en el diseño operacional). El conjunto de productos esperados genera los **resultados-impactos** esperados, lo cual eventualmente se traduce en el **cambio transformación deseado** para el sector arrocero.

El **cambio transformacional** de la NAMA arroz se puede resumir en “reducir las emisiones GEI del sector arrocero mientras se mejoran los niveles de productividad, rentabilidad y resiliencia climática”.

Los **resultados-impactos esperados** consisten en la reducción de emisiones a través de las medidas priorizadas para la NAMA. Esto es, i) los cambios en los regímenes hídricos, ii) cambios en los programas de fertilización y iii) optimización del uso de variedades ayudan a reducir emisiones de GEI en el sector arrocero. Este grupo de medidas no es exhaustivo, pero son la que generarán el mayor potencial de reducciones de emisiones, por tanto, queda abierta la posibilidad de integrar otras medidas que reduzcan emisiones durante y después del plan piloto.

Para lograr los resultados-impactos esperado se proponen una serie de **productos** que se explican en más detalle en el diseño operacional de la NAMA. Estos mecanismos son: (i) el mecanismo de acompañamiento técnico, (ii)



el mecanismo de innovación y desarrollo, (iii) el mecanismo de mercadeo y comercialización, (iv) el mecanismo de financiamiento y, finalmente, el (v) mecanismo de gobernanza. Todos estos mecanismos deben estar emarcado en una la Gestión de Conocimiento (GdC) de la NAMA.

Las actividades corresponden a las acciones, procesos y metodologías detalladas que permiten lograr los productos de la TdC. Gran parte de las actividades para generar los productos se describen y mencionan en el Mecanismo operacional de la NAMA. Sin embargo, otras actividades emergerán durante el inicio de la ejecución de la NAMA.

A continuación, en el Diseño Operacional de la NAMA, se muestran las acciones necesarias para dismantelar las barreras y encaminar el sector hacia un proceso de desarrollo económico bajo en carbono de la agrocadena arrocerá.

Diseño operacional

El Diseño Operacional de la NAMA representa la hoja de ruta para su implementación, así como para el diseño de las herramientas de planificación necesarias para su operación. Dicha implementación presenta cinco mecanismos fundamentales: (i) el mecanismo de acompañamiento técnico, (ii) el mecanismo de innovación y desarrollo, (iii) el mecanismo de mercadeo y comercialización, (iv) el mecanismo de financiamiento y, finalmente, el (v) mecanismo de gobernanza.

Para lograr una transformación sustantiva en el sector del arroz, es indispensable el **acompañamiento técnico**. Después de un análisis detallado de las barreras del sector y las necesidades para lograr una transformación hacia una producción arrocerá bajo en carbono, se propone las siguientes actividades de acompañamiento técnico:

- **Asistencia técnica directa:** Se sugiere que el programa de visita de los técnicos de CONARROZ cubra en más detalle las actividades y procesos que generan emisiones. Esto con el fin de lograr identificar las oportunidades de mejora en función de emisiones y costos. Por ejemplo, los programas de enmiendas ante de la siembra; programas de riego y drenajes; programa de fertilización nitrogenada; combustible usado en las aplicaciones, cosecha y transporte; entre otras.
- **Charlas y congresos:** Adicional a los temas de interés de los productores, CONARROZ debería programar charlas y congresos con temas relacionados a la NAMA. Esto implica buscar otros expertos del INTA, MAG, UCR y otras universidades/instituciones que puedan cubrir las temáticas de la NAMA arroz.
- **Escuela Nacional de Arroz:** Para efecto de la NAMA arroz se sugiere mejorar la maya curricular de este programa de capacitación (incluir temas como cambio climático, emisiones del cultivo de arroz, prácticas bajo en carbono, vulnerabilidad climática, etc.). Esto implica contar con expertos del INTA, MAG, universidades y otras instituciones que puedan cubrir los nuevos temas.
- **Días de campo en fincas demostrativas:** Este es el medio más idóneo para lograr demostrar la viabilidad técnica y financiera de las medidas priorizadas para la NAMA arroz y otras medidas complementarias.
- **Crear herramientas para evaluar el avance** en la adopción de medidas NAMA y capacitaciones recibidas, lo cual permite un proceso de mejora continua.
- **Creación y distribución de instrumentos de difusión de información** con temas de la NAMA arroz.

El **mecanismo de innovación y desarrollo** tiene como propósito mejorar los programas de investigación, innovación y desarrollo (I+D) con miras a incrementar la competitividad del sector arrocerá mientras se reducen



las emisiones de GEI. En este sentido, se realizó un mapeo de las instituciones existentes en materia de II+D, y se detallan algunos estudios y ensayos que se están implementando actualmente. Al final se propone un Mecanismo de II+D para la NAMA, el cual sincroniza las capacidades actuales en materia de II+D con las necesidades de investigación para la NAMA Arroz. En este mecanismo se definen las líneas de coordinación, las instituciones relevantes, y se listan temáticas de II+D relevante para la NAMA a nivel de producción, industrialización, comercialización y del sector en general.

Otro mecanismo imprescindible es el de **mercadeo y comercialización**, el cual tiene por objetivo desarrollar las estrategias de diferenciación del arroz NAMA respecto al arroz importado y/o producido de manera tradicional. Por este motivo, se analizan las condiciones actuales del mercado que favorecen y limitarían el desarrollo de la NAMA. También se evalúan las experiencias de éxito y se proponen acciones como esquemas de diferenciación y certificaciones que permitan la transición del consumo tradicional al consumo de arroz bajo en emisiones.

El **mecanismo de financiamiento** tiene el propósito de definir los procedimientos para financiar la NAMA. La NAMA arroz requiere gestionar recursos para financiar dos dimensiones esenciales, las cuales permitirán realizar la transición hacia un modelo de producción, industrialización y comercialización bajo en carbono. La primera dimensión es el financiamiento del modelo de producción bajo en carbono y la segunda dimensión corresponde al financiamiento de las acciones habilitadoras de la NAMA. Para financiar el modelo de producción bajo en carbono se espera que los productores aporten un 20%, las arroceras un 5%, las casas comerciales un 25%, y que el resto (50%) se financie a través de CONARROZ y el SBD. Los aportes esperados pueden cambiar en función de las condiciones del mercado y las condiciones habilitadoras de la NAMA. Otra potencial fuente de financiamiento son los organismos multi y bilaterales de financiamiento que tiene préstamos reembolsables. Las fuentes para financiar las acciones habilitadoras NAMA provendrían de las fuentes actuales que tiene CONARROZ, aranceles a la importación y fondos concursables. El **primer mecanismo de financiamiento** consiste en habilitar financiamiento a los productores, incluyendo préstamos preferenciales y garantías recíprocas. Para ello la NAMA se apalancaría del convenio de SBD y CONARROZ, y su operatividad se describe en la sección 8.5.2. De manera similar, el **segundo mecanismo de financiamiento** consiste en alinear las potenciales fuentes de financiamiento de las acciones habilitadoras de la NAMA siguiendo la operatividad definida.

Finalmente, en el **mecanismo de gobernanza** se presenta la estructura de gobernanza interna necesaria para el desarrollo de la NAMA y se distribuyen las responsabilidades entre los distintos actores en la cadena de valor de la producción de arroz en Costa Rica. Este mecanismo se articula con los instrumentos de políticas existentes, así como con los espacios de articulación multi actor que actualmente existen, con la finalidad de asegurar la complementariedad de las acciones dentro del sistema de gobernanza existente y buscar fortalecerlo con las acciones NAMA.

Plan de inversión de la NAMA

Las necesidades de financiamiento se calculan para el periodo del plan piloto y los escalamientos subsecuentes. Adicionalmente, la NAMA arroz requiere dos tipos de financiamientos. El primero corresponde al financiamiento del capital de trabajo para financiar la producción baja en carbono en fincas con fin de migrar a un modelo de costo de producción considerando las medidas de mitigación, insumos y servicios para lograr la producción deseada. El segundo corresponde a las acciones habilitadoras que permiten alinear las operaciones actuales de CONARROZ y el sector público-privado hacia las acciones de mitigación en el sector arrocerero.

El **plan piloto** tendrá una duración de 2 años, equivalente a 4 ciclos de producción donde se van a intervenir 20 fincas distribuidas por regiones, tamaño y sistema de producción. En el **escenario medio (E1)**, se asume que se



transformará el equivalente a 3.803 ha (**8% del área nacional sembrada**) durante el plan piloto. En el **escenario conservador (E2)**, se asume que por restricciones presupuestarias y movilización de recursos se logra transformar solo 1.369 ha (**4% del área nacional**). En el **escenario optimista (E3)**, se asume que las condiciones de movilización de recursos serán apropiadas, con lo cual se logra transformar 13.447 hectáreas (**30,8% del área nacional**). Así, bajo los escenarios estudiados, las **necesidades de capital de trabajo** requerida para financiar la producción NAMA durante el plan piloto varía entre USD 2,92 – 29,9M (ver Cuadro 1), donde USD 8,35M corresponde al financiamiento de las intervenciones bajo E1, el cual es el escenario más plausible según CONARROZ.

Adicionalmente, se realizarán **escalamientos secuenciales cada dos años** durante el periodo 2025-2030. El alcance de los escalamientos dependerá de las condiciones creadas durante el plan piloto, y de los apoyos nacionales e internacionales recibidos. **Con el escenario medio (E1)**, se asumen 3 escalamientos luego del plan piloto, con lo cual se espera transformar el 32% (15.212 ha) del área productiva nacional y para lo cual se requiere USD 33,41M en financiamiento. De manera similar, con los escalamientos del E2 y E3 se espera transformar 16 y 95% del área arroceras, respectivamente. Las necesidades de financiamiento de capital de trabajo, considerando los escalamientos del E2 y E3, es de USD 11,69M y USD USD 90,18M, respectivamente, para el periodo 2023-2030. Según el Mecanismo de financiamiento diseñado para la NAMA arroz y consultas en el sector arroceros, las posibles fuentes de financiamiento podrían venir de los productores (aportes de un 20%), las arroceras (5%), las casas comerciales (25%), y el restante del Sistema de Banca para el Desarrollo y CONARROZ (financiamiento revolvente).

Para lograr la transformación de la producción tradicional arroceras en sistemas de producción bajo en emisiones es necesario realizar acciones que generen las condiciones habilitadoras para la transformación. Estas acciones habilitadoras NAMA representan un costo, y se resumen en las siguientes categorías: 1) Divulgación y comunicación al productor/procesador/consumidor; 2) Acciones en Fincas piloto; 3) Investigación, Innovación y Desarrollo; 4) Servicios técnicos; 5) Fortalecimiento de CONARROZ; 6) Acciones de comercialización y certificación; 7) Monitoreo, Reporte y Verificación; 8) y Administración y finanzas.

Bajo el escenario medio descrito, se estima que las acciones habilitadoras tendrán un costo aproximado de USD 819.392 (ver Cuadro 1) durante el plan piloto. Para el primer y segundo escalamiento, el costo de las acciones incrementaría a USD 1,29 y 1,81 millones, respectivamente. Los costos acumulados durante 2023-2030 se estiman en USD 6,25M, donde CONARROZ podría contribuir 73%. Esto significa que para iniciar a implementar la NAMA, CONARROZ debe gestionar financiamiento nacional o internacional por un total de USD 2,68M. Los escenarios 1 y 2 requieren USD 2,62 y 19,13M, respectivamente, para implementar las acciones habilitadoras durante el periodo 2023-2030.

Como se visualiza en el siguiente cuadro, entre los recursos requerido para financiar la producción baja en carbono y las acciones habilitadoras de la NAMA, asumiendo el escenario medio (E1), se estiman USD 9,17M durante el plan piloto y USD 30,49M para los escalamientos, para un total de USD 39,66M donde las acciones habilitadoras de la NAMA representan el 16%. De igual manera, para implementar la NAMA bajo los escenarios 2 y 3, y sus correspondientes escalamientos, se requieren USD 14,31 y 109,31M, respectivamente.

Cuadro 1. Necesidades de recursos para financiar la NAMA (USD Millones), diferenciando entre escenarios y destino de las Inversiones.

	Categoría	Plan piloto	Escalamientos	Total
E1	Recursos para financiar la producción bajo en carbono	8,35	25,06	33,41
	Recursos para financiar las acciones habilitadoras NAMA	0,82	5,43	6,25
	Total, Escenario medio (E1)	9,17	30,49	39,66
E2	Recursos para financiar la producción bajo en carbono	2,92	8,77	11,69
	Recursos para financiar las acciones habilitadoras NAMA	0,41	2,21	2,62
	Total, Escenario conservador (E2)	3,33	10,98	14,31
E3	Recursos para financiar la producción bajo en carbono	29,24	60,94	90,18
	Recursos para financiar las acciones habilitadoras NAMA	2,45	16,68	19,13
	Total, Escenario optimista (E3)	31,69	77,62	109,31

Para financiar la NAMA se determinaron las fuentes potenciales de financiamiento y las barreras. Basado en el análisis del contexto y las barreras se determinó los instrumentos y los mecanismos para financiar la NAMA. Por una parte, para financiar la producción NAMA se definió un mecanismo donde el Sistema de Banca para el Desarrollo y CONARROZ canalizan préstamos bajo un enfoque de cadena de valor (triangulación) donde se desmantela la barrera al acceso y los riesgos financieros. Por otra parte, para financiar las acciones habilitadoras se definió un mecanismo donde CONARROZ y un equipo de instituciones alinean los recursos nacionales y solicitan fondos internacionales para la NAMA.

Finalmente, se ha estimado que el costo de reducir una tonelada de CO₂eq en función del costo incremental requerido para implementar la NAMA es de USD 35,70, 3,90 y 13,66 por tonelada de CO₂eq reducida para el E1, E2 y E3, respectivamente. El E2 tiene un costo de abatimiento menor dado a que hay mayor proporción de fincas en riego son transformadas en sistemas de producción bajo en carbono. En el caso del E3, su costo es menor al E1 porque hay un mayor número de fincas generando mitigación, y el costo fijo de los gastos incrementales de la NAMA se diluye con un mayor volumen de CO₂eq reducido.

MRV

Los sistemas de Monitoreo, Revisión, y Verificación (MRV) constituyen esquemas que permiten llevar un inventario contable de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), la emisión, reducción y remociones de carbono de una actividad productiva. Este tipo de sistemas persiguen la ambición de contar con datos transparentes acerca del impacto de la NAMA en las emisiones del sector, a la vez que permite un proceso de retroalimentación y mejora continua.

El MRV de la NAMA Arroz se conceptualiza para que sea administrado por CONARROZ, partiendo de la estructura actual que tiene CONARROZ para el Monitoreo y Evaluación del sector. Así el MRV se integraría a todos los procesos de recolección de datos, registros, almacenamiento y procesamiento actual que tiene CONARROZ.

En la **medición** de emisiones se realiza un mapeo de todas las actividades que son fuentes de emisión de GEI en la agrocadena (fincas, arrozeras, transporte, importaciones de arroz, etc.). En función de estas actividades, se proponen las variables que deben ser recolectadas en campo para alimentar el MRV y realizar los cálculos de



emisiones y reducción usando las metodologías internacionales y nacionales. Esto implica que para cada finca NAMA se debe crear una línea base de emisiones (incluyendo la composición arbórea de la finca). A partir de esta línea base, se calculan las reducciones de emisiones. A nivel de **reporte** se presenta el flujo de información necesario para que el SINAMECC pueda reconocer la NAMA arroz como una acción climática, y así armonizarla con el INGEL. También, se definen las necesidades de software para la generación de reportes automáticos, partiendo del sistema de reporte actual que tiene CONARROZ, "ProArroz". Finalmente, se presentan los indicadores que se deberían reportar para fin de dar seguimiento a las metas de mitigación de la NAMA. Estos indicadores se resumen de la siguiente manera:

- Número de fincas implementando medidas NAMA Arroz.
- Emisiones reducidas (tCO₂e) respecto al BAU en fincas NAMA, diferenciando por finca en secano y finca en riego.

Intensidad de emisiones (Kg CO₂e/Kg de arroz granza) para fincas NAMA con riego y secano. El proceso de **verificación** es una pieza fundamental en el sistema MRV ya que debería garantizar la veracidad de los datos, mediciones y gestión con el fin de asegurar su transparencia y exactitud. Este proceso contempla, además la supervisión por una tercera parte (que no sea la Unidad Ejecutora de la NAMA). La "V" del MRV, se implementa mediante la revisión técnica por pares que se realiza a nivel de la convención (UNFCCC) y no es obligatorio para la NAMA tener validaciones, certificaciones, auditorías si no lo consideran apropiado, o si es demasiado costoso.

Actualmente, la entidad que realiza esta función para otros NAMAs es el SINAMECC ya que cuenta con un sistema de control de la calidad. Luego que los ejecutores de la NAMA llenan el registro de la Acción Climática del SINAMECC, este realiza una revisión para garantizar que se cumplen con los procesos metodológicos (línea base, factores de emisión, cálculos de mitigación, entre otros). A partir de estas verificaciones, se realizan sugerencias necesarias para armonizar la Acción Climática con el INGEL y para su incorporación en los reportes nacionales (NDC).

Dependiendo del esquema de diferenciación al que opte el sector arrocero, los algoritmos del MRV podrían modificarse ligeramente para facilitar los procesos de verificación. Por ejemplo, los ajustes al MRV dependerán si el sector arrocero busca alguna de los siguientes esquemas de diferenciación: 1) Acreditar los procesos de gestión de una finca o industria como carbono neutral; 2) Acreditar fincas como sostenible usando la norma SRP (Sustainable Rice Platform); 3) Etiquetado ambiental tipo I o III; Etiquetado del Programa País de Carbono Neutralidad bajo la Categoría Producto.

Finalmente se propone un esquema de administración del MRV donde se definen las líneas de mando, capacitaciones, recolección de datos, programación del MRV, reporte de indicadores, reportes al SINAMECC, verificaciones, seguridad de la información. También se realiza una síntesis de la metodología para calcular las emisiones GEI y secuestro de C a ser utilizado por el MRV.



La NAMA Arroz

1 Introducción y objetivo de la NAMA Arroz de Costa Rica

El sector de arroz contribuye significativamente a las emisiones de GEI del país. Según el Inventario Nacional de Emisiones más reciente, el cultivo del arroz emitió 218,6 Gg de CO₂eq en 2017, valor que corresponde a más de un **7 % de las emisiones** totales de CO₂eq del **sector agrícola**, y un **1,5 % de las emisiones totales de CO₂eq del país** (MINAE, IMN, 2021) (sin tener en cuenta el sector silvicultura y otros usos de la tierra). En este sentido, cobra especial importancia la inclusión de la NAMA Arroz en las metas nacionales de descarbonización.

El objetivo principal de la NAMA arroz es “lograr un cambio transformacional en la cadena de valor del cultivo, industrialización y comercialización del arroz, al definir una estrategia que orienta la selección, implementación y evaluación de las acciones de mitigación de GEI, y adaptación a la variabilidad climática, para asegurar una gestión rentable con enfoque climático” (BID, CONARROZ, MAG. 2020.).

Este objetivo contribuye con la visión de transformación estipulada en el Plan Nacional de Descarbonización al 2050 para el fomento de sistemas agroalimentarios altamente eficientes que generen bienes de exportación y consumo local bajo en carbono, el cual específicamente indica la ambición de que al 2030 la cadena de valor de arroz (entre otras) estarán aplicando tecnologías de reducción de emisiones tanto a nivel de finca, como a nivel de etapa de procesamiento (Plan Nacional de Descarbonización, 2018).

El alcance de la NAMA Arroz abarca todos los procesos y actividades vinculadas a la agro-cadena: producción primaria, industrialización y comercialización del arroz en Costa Rica. En la misma se prioriza la transformación del sector primario ya que la mayor cantidad de emisiones de GEI se generan antes de llegar a las industrias del pilado.

2 Contextualización del sector arrocero en Costa Rica

El arroz es un alimento básico, por lo que su producción se considera de seguridad nacional en muchos países. Esto se hizo evidente durante el COVID-19, ya que muchos gobiernos de todo el mundo pusieron en marcha varias medidas de política para garantizar que los consumidores tuvieran acceso al arroz y a precios razonables para la gran mayoría de la población (FAO, 2020). Al igual que en la crisis del arroz de 2007-2008, muchos países, especialmente donde el arroz es el principal alimento básico, están reconsiderando cómo mejorar su respuesta a las perturbaciones del mercado para reducir los precios, los riesgos del mercado y garantizar la seguridad alimentaria (Sers, 2020).

Según el Informe anual 2020 de CONARROZ, en el período 2019-2020, la producción total de arroz en Costa Rica fue de 149.339 toneladas métricas de arroz en granza seca y limpia. Ello evidenció una reducción del 3,6% en la cantidad producida en comparación al año anterior. En términos de área, el cultivo pasó de 36.979 ha de producción a 33.048 ha, de las cuales 22.960 ha corresponden a la primera siembra y 10.088 ha a la segunda siembra, debido a las afectaciones climáticas se dio una pérdida de 151,5 ha (0,45% del área nacional).



Las principales zonas productoras de arroz en Costa Rica son la Región Chorotega (51% del total del arroz del país), la Región Brunca (20% de la producción), y en tercer lugar la Región Pacífico Central con un 17%. La producción de arroz se da en una diversidad de condiciones ambientales, desde el nivel del mar hasta los 850 msnm. La Región Central es la única región del país donde no se cultiva este grano.

Cuadro 2. Área sembrada de arroz en el período 2019/2020 según región y épocas de siembra en hectáreas.

Región	Primera siembra (ha)	Segunda siembra (ha)	Total del periodo (ha)	% del área total sembrada
Chorotega	9.809	6.993	16.802	51%
Brunca	6.172	549	6.721	20%
Pacífico Central	5.160	337	5.497	17%
Huetar Norte	1.713	2.091	3.804	12%
Huetar Atlántica	107	119	225	0,7%
Total	22.960	10.088	33.048	100%

Fuente: Centro Estadístico Arrocero, CONARROZ (2020b).

2.1 Caracterización socioeconómica

En Costa Rica, al año 2020 se contabilizaban 497 productores divididos en 5 regiones productivas del país. En el Cuadro 3 se detalla la distribución de los productores y el área sembrada a nivel nacional. El 75% de los productores de arroz se clasifican como micro y pequeño, con menos de 50 ha, y siembran arroz en el 17% del parque arrocero del país. Por el contrario, 7% de los productores son clasificados como grandes (más de 200 hectáreas) y siembra el 58% del área arrocera nacional (CONARROZ, 2020b). La mayor cantidad de productores y área sembrada (más del 50%) se encuentra en la región chorotega, seguido por la región brunca (20%), y el pacífico central (17%).

Cuadro 3. Número de productores y área sembrada por estrato, y región, 2019-2020.

Región /Cantón	Estrato 1 Micro		Estrato 2 Pequeño		Estrato 3 Mediano		Estrato 4 Grande		Total			
	Hasta 10 ha		De 10,01 hasta 50 ha		De 50,01 hasta 200 ha		Más de 200 ha		Productores		Área	
	Prod	ha	Prod	ha	Prod	ha	Prod	ha	Prod	%Prod	ha	%Área
Brunca	34	218	37	981	15	1.528	13	3.995	99	20%	6.721	20%
Chorotega	93	555	102	2.392	48	4.175	13	9.681	257	52%	16.802	51%
Huetar Atlántica	11	50	8	175	0		0		19	4%	225	1%
Huetar Norte	37	206	21	460	8	603	5	2.535	71	14%	3.804	12%
Pacífico Central	11	62	21	518	21	1.817	9	3.101	62	12%	5.497	17%
Total	186	1.091	187	4.525	88	8.122	36	19.311	497	100%	33.048	100%
Porcentaje	37%	3%	38%	14%	18%	25%	7%	58%	100%		100%	

Fuente: CONARROZ (2020b).

Como se puede visualizar en el siguiente cuadro, la producción nacional proviene de dos sistemas de producción, el sistema con riego (inundado o complementario) que supe el 46% (14.798 ha) de la producción nacional y el sistema de producción en seco que supe el 54% (18.251 ha). Entender la fuente del arroz por sistema de producción es importante ya que los sistemas con riego, especialmente los de inundación permanente, son los que generan mayores emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI).

Cuadro 4. Producción nacional según sistema de producción.

Sistema de producción	Producción (toneladas)	Participación en producción	Área (hectáreas)	Productores
Riego	68.696	46%	14.798	178
Secano	80.643	54%	18.251	319
Total	149.339	100%	33.049	497

Fuente: preparado con datos del informe anual estadístico 2019/2020 – CONARROZ

A nivel técnico y productivo, el cultivo del arroz se ve afectado positiva o negativamente por los factores de temperatura y precipitación. Para germinar, el arroz necesita una temperatura óptima entre 20 y 35°C, temperaturas superiores a 45°C impiden la germinación. Para el crecimiento la temperatura óptima es de 25 a 31°C, superiores a ésta se da un crecimiento acelerado y los tejidos se hacen blandos e inconsistentes, siendo más vulnerables a enfermedades. Para florecer la temperatura óptima está entre 30 y 33°C. Pero en general, la temperatura promedio del arroz debe estar entre 20 a 35°C (INTA, 2009).

Con respecto a la precipitación, se requiere la presencia de agua en suelos, ya que los suelos inundados son óptimos para el crecimiento y nutrición del arroz; los suelos pueden tener entre 2,5 a 10 cm de lámina de agua, la ausencia de agua disminuye la producción. La disponibilidad de lluvia puede ser variable, pero para garantizar una producción aceptable se requiere al menos 10 milímetros diarios.



Estas condiciones de temperatura y precipitación son cada vez más variables y afectan la producción del arroz, causando impactos directos en el cultivo y su productividad. Con la variabilidad climática, es cada vez más difícil para el productor arrocero planificar y preparar su cultivo, especialmente el productor de arroz en secano.

Según expertos en la agroindustria arrocera entre el 2014-2020 la producción nacional de arroz cayó de 200.000 toneladas a 148.000, coincidiendo con efectos climático-adversos. En algunas regiones la productividad cayó de 6 a 3,2 toneladas. La región con mayor productividad es la Chorotega con 5,2 t/ha, la cual cuenta con un distrito de riego, seguido por la región Pacífico Central con 4,13 t/ha. En el siguiente cuadro se observan las características climáticas de cada región.

Cuadro 5. Condiciones climáticas de cada región.

Chorotega	Pacífico Central	Brunca	Huetar Norte	Huetar Atlántica
Épocas lluviosas y seca bien definidas. Es la única región con distritos de riego, con lo cual logran la mayor producción de arroz del país.	Tiene un clima estable con lluvias frecuentemente, con buena luminosidad. Las montañas alrededor ayudan a controlar las temperaturas nocturnas.	Algunas veces el clima les favorece, especialmente durante la primera cosecha. Para la segunda cosecha a veces llueve demasiado, provocando pérdidas importantes en la producción.	El clima es inestable. Recientemente se están dando problemas de temperaturas nocturnas fuera del óptimo, lo cual afecta la formación del grano.	Baja luminosidad, los terrenos se inundan, especialmente durante la niña, lo que causa pérdidas significativas.

Fuente: Entrevistas con técnicos de CONARROZ

El costo de producción de arroz varía significativamente entre sistema de producción (secano, riego), por región productora, época de siembra y por productor. El costo promedio por hectárea considerando el paquete tecnológico recomendado por CONARROZ para el periodo 2019/2020 es de USD 1.985 (₡1.242.524) y USD 1.973 (₡1.236.431) por hectárea de arroz producido en secano y riego, respectivamente.

Según el Decreto 41735-MEIC que rige la política del precio nacional al productor y al consumidor, el precio fijado para el año 2019/2020 al productor por saco de 73,6 kg de arroz seco en granza y limpio fue de ₡22.324 (USD 35,83). Esto implica que el rendimiento/ha mínimo para cubrir los costos de producción debe ser al menos de 55,4 sacos/ha. El rendimiento promedio nacional de arroz granza seco y limpio fue de 61,4 sacos, para un margen de ganancia estrecho a nivel nacional. Entre los años arroceros 2015/16 y 2019/20 la productividad promedio nacional varió en el rango de 51,4 – 61,4 sacos/ha. En ese periodo el precio al productor bajó de ₡22.604.41 (USD 36,28) a ₡22.324 (USD 35,83). En términos reales el precio del arroz bajó un 28% durante el periodo 2010/11-2019/20, mientras que el costo del insumo se ajustó con la inflación y los productores se enfrentaron a condiciones climáticas más inciertas que afectan los rendimientos y la calidad del arroz. Adicionalmente, el precio del arroz varía en función de la calidad.

La estructura de costo difiere por sistema de producción, donde los costos variables representan el 88% del total, compuesto principalmente por las labores mecanizadas (32%) y un paquete tecnológico (45%). Este último es una guía recomendada por CONARROZ y contiene la dosificación recomendada de fertilizantes y plaguicidas por hectárea, entre otras actividades.

Según el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) más reciente, en el año 2017 las emisiones para el sector de la agricultura fueron de 2.962,8 Gg de CO₂eq, representando el 20,5 % del total de CO₂eq



emitido en el país (sin tener en cuenta el sector Silvicultura y otros usos de la tierra). Las emisiones del cultivo del arroz fueron 218,6 Gg de CO₂eq, valor que contribuye con más de un 7 % a las emisiones totales de CO₂eq del sector agrícola (MINAE, IMN, 2021). Las emisiones en el sector arrocerero provienen mayoritariamente de los aportes de CH₄ resultantes de la descomposición de la materia orgánica bajo condiciones anaerobias, y de la incorporación de material vegetal bajo condiciones de inundación o anegamiento del cultivo de arroz. Así, las emisiones de metano para el año 2017 fueron de 10,41 Gg de CH₄.

Otro rubro importante son las emisiones por óxido nitroso (N₂O), proveniente de los procesos de volatilización del nitrógeno en los fertilizantes inorgánicos aplicados en la finca.

Las emisiones de metano son más importantes en los sistemas de producción de arroz anegado de manera permanente. Bajo las condiciones de libre competencia forzado por el DR-CAFTA, el subsector de arroz en seco está migrando a sistemas de producción con riego complementario. A medida más productores pasen de seco a riego, bajo los esquemas tradicionales (i.e., anegamiento permanente), las emisiones del sector incrementarán. La NAMA puede revertir dicho proceso a través de la promoción de medidas NAMAs que sustituyan las prácticas tradicionales con miras a reducir emisiones y mejorar las eficiencias en costos.

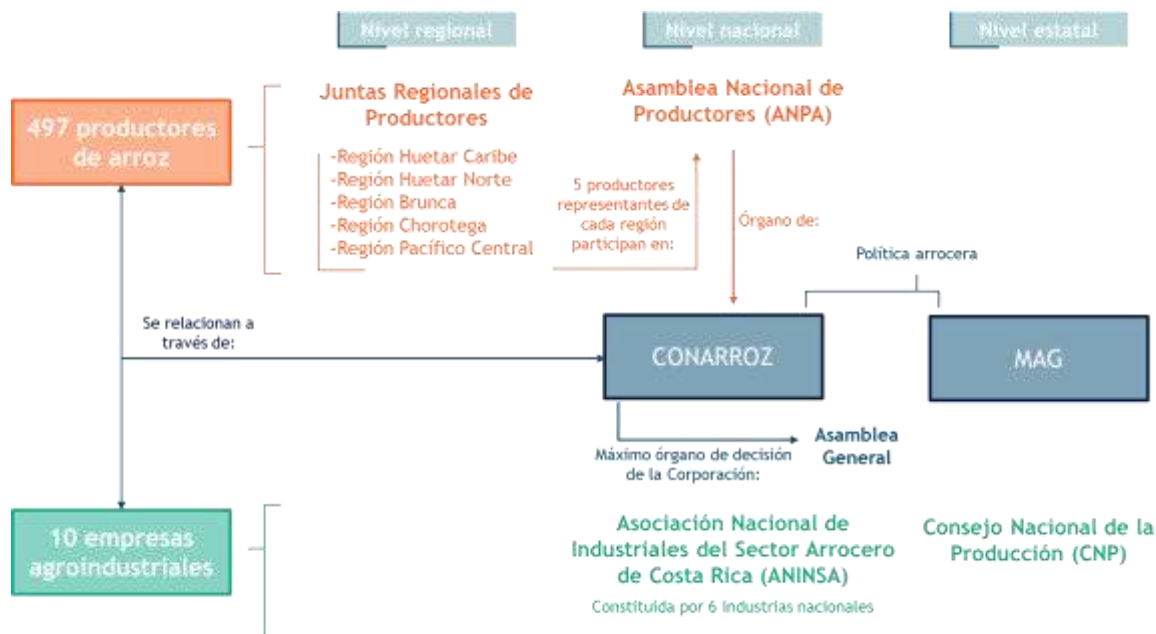
Lo anterior, evidencia la necesidad y oportunidad de inducir a los productores a un proceso de concientización y capacitación en temas de sostenibilidad, adaptación al cambio climático y competitividad en costos. Este cultivo demanda planificación basada en observaciones "in situ"; por lo tanto, el productor debe formarse como empresario y científico, para que desarrolle las competencias necesarias para mantenerse en la actividad frente a retos como la variabilidad climática. De igual manera, este análisis también hace evidente que las innovaciones a ser promovidas por la NAMA arroz deben ser promovidas de manera integral, generando mitigación a la vez que se genera mejoras en las eficiencias en costos y resiliencia climática.

2.2 Actores relevantes

Existe una variedad de actores vinculados directa e indirectamente con la cadena productiva del arroz que pueden tener algún rol en el marco de la implementación de la NAMA, los cuales se describen a continuación en la siguiente figura.

2.2.1 Actores directos

Figura 3. Caracterización de los actores directos.



Fuente: La presente consultoría.

Los primeros actores directos por considerar son los productores de arroz del país. Este actor se compone de 497 productores de arroz quienes se encuentran organizados a través de Juntas Regionales de Productores en 5 regiones del país⁷ y al mismo tiempo, están representados a nivel nacional ante la Asamblea Nacional de Productores (ANPA), la cual es un órgano de CONARROZ en el cual participan los cinco productores representantes de cada región productora de arroz, inscritos ante la Corporación (Ley 8285, 2002).

A nivel de eslabón de transformación, se calcula que participan 10 empresas agroindustriales; quienes se encargan del secado, almacenamiento y proceso de molienda del arroz en granza para obtener el producto del arroz pilado. La agroindustria recibe su materia prima no solo de la producción nacional sino del eslabón de importación.

Dentro de la agroindustria, a nivel estatal también participa el **Consejo Nacional de la Producción (CNP)** quién fundamentalmente ofrece servicio de almacenamiento a través de sus cuatro plantas⁸.

En el marco de sus funciones, los agroindustriales cuentan con sus respectivos espacios de articulación. Una de ellas es la Asociación Nacional de Industriales del Sector Arrocero de Costa Rica (ANINSA) la cual está constituida por 6 industrias nacionales⁹.

⁷ Huetar Caribe, Huetar Norte, Brunca, Chorotega y Pacífico Central

⁸ Planta La China, Planta de Silos en Liberia Coopebagatzi R.L, Planta Térraba Coopearrosur R.L y Planta Barranca

⁹ Arrocera Liborio S.A, Arrocera La Julieta Ltda., Coopearroz RL, Comercializadora Inter-Global Interglo S.R.L. Arrocera San Pedro de Lagunilla S.A y Rosa Tropical S.A. El otro espacio de articulación se denomina Industriales de Arroz de Costa Rica (INDARROZ) y aglutina al Grupo Pelón, Derivados de Maíz Alimenticio (DEMASA), Corporación Arrocera de Costa Rica (CACSA) y Coopeliberia.



Aparte de la línea agroindustrial nacional, es posible encontrar que también el arroz pilado es importado. Es importante recalcar que se han identificado 8 empresas importadoras¹⁰.

En general, la comercialización del arroz se realiza a través de tiendas y supermercados (minorista). Este eslabón permite que el producto llegue al **consumidor final**, finalizando el proceso de la cadena productiva del arroz en el país.

Los eslabones de producción primaria y agroindustrial sostienen de manera fuerte sus relaciones a través de la Corporación Arrocera Nacional (CONARROZ). Entre sus espacios de toma de decisión, CONARROZ cuenta con una Asamblea General en la cual se encuentran productores, agroindustriales y las autoridades institucionales de los sectores de Agricultura y Economía (o quienes ellos designen). Esta Asamblea constituye el máximo órgano de decisión de la Corporación (Art. 5 inciso a).

Las acciones vinculadas a asistencia técnica, investigación e innovación, registros y estadísticas de la actividad productiva, toma de muestra y análisis de calidad, capacitación, así como las normas para la compra del arroz, entre otros, le corresponden a la Corporación. Y además, en consonancia con el MAG, llevan a cabo la política arrocera.

2.2.2 Actores indirectos

Figura 4. Caracterización de los actores indirectos.



Fuente: La presente consultoría.

En la cadena antes descrita, interactúan actores que brindan apoyo a los actores directos para realizar su actividad productiva sin ser propietarios del producto de la cadena. Se trata de los actores indirectos, los cuales se resumen en la Figura 4.

En Costa Rica, según la Constitución Política, la titularidad del Poder Ejecutivo la ejercen, en nombre del pueblo el Presidente de la República y los Ministros de Gobierno en calidad de obligados colaboradores (Constitución

¹⁰ Compañía Arrocera Industrial, Corporación Arrocera Costa Rica S.A, DEMASA, Molinos del Guanacaste S.A, Cooperativa Agrícola e Industrial de productores de Arroz del Pacífico Central, Arrocera Liborio S.A, Arrocera La Julieta Ltda., Distribuidora Agropecuaria Montes de Oro y Rosa Tropical S.A.



política, 1949, art.130). Se han identificado al MAG y MINAE como las carteras que resaltan para el estudio. El **Ministerio de Agricultura** (MAG) es la cabeza del sector agropecuario del país. Persigue la misión de impulsar la dignificación de las familias rurales, promoviendo el desarrollo de capacidades técnicas y de gestión empresarial en los sistemas productivos (MAG, 2014). Específicamente, el MAG participa a través del Ministro, o quien el designe en la Asamblea y Junta Directiva de la Corporación, y además informa sobre la necesidad de autorizar la importación por concepto de desabasto de manera conjunta con el Ministerio de Economía Industria y Comercio (MEIC). El MEIC formula la política económica del gobierno, promueve la iniciativa pública y privada y participa en la planificación nacional en los campos de su competencia.

Actualmente, el MEIC a través de su **Dirección de Investigaciones Económicas y de Mercados** realiza importantes estudios de valuación de costos de producción y de industrialización, así como de análisis sobre mecanismos de estimación y determinación de precios lo que funciona como insumo para la toma de decisión (Ley N° 7472, 1994).

Producto de la agenda ambiental del país, así como de los objetivos estratégicos de descarbonización, se han abierto nuevos espacios de colaboración con el sector arrocero. A través de la constitución de la Oficina Sectorial de Acciones Climáticas y Descarbonización (OSACD) creada con la Directriz MAG 001-2019 para contribuir a la resiliencia climática del sector (Prensa MAG, 2019).

En 2018, a través del Acuerdo entre el MINAE y el MAG para la reducción de emisiones en el sector agropecuario, se estableció un compromiso para fomentar el desarrollo de una NAMA en el sector arroz, aportando desde una arista distinta al sector (MAG-MINAE, 2018). Dicho compromiso quedó plasmado como una ambición climática ante la Conversión Marco de Naciones Unidas contra el Cambio Climático (CMNUCC) en la NDC nacional, específicamente en la contribución 7.1 y en el Plan de Desarrollo (eje 8, meta 8.1, actividad 8.1.1).

Específicamente dentro de la cartera del **MINAE**, la Dirección de Cambio Climático ha jugado un rol importante en la articulación de la agenda productiva y climática.

A nivel de servicios operativos es posible identificar una serie de instituciones vinculadas a la actividad productiva como tal, muchas de ellas instituciones adscritas u autónomas de las carteras Ministeriales antes mencionadas. Por ejemplo, las empresas proveedoras de **insumos agropecuarios** juegan un rol fundamental.

Un segundo insumo de gran importancia es la semilla. Si bien CONARROZ ha realizado importantes esfuerzos por liberar nuevas variedades de semillas que estén disponibles para los productores, actualmente esta tarea se concentra principalmente en manos de actores privados, desde 1987, como la **Oficina Nacional de Semillas** (ONS), quien se encarga de la promoción y organización de la producción y el uso de semillas de calidad superior (Ley N° 6289, 1978). Específicamente en materia de arroz, la ONS cuenta con un Programa de Certificación de Semilla de arroz, el cual permite que la semilla cuente con estándares a nivel internacional y coadyuve a que el productor tenga una semilla de alta calidad (ONS,2020c).

Una segunda instancia vinculada al tema de semillas es el **Centro de Investigaciones en Granos y Semillas** (CIGRAS) de la Universidad de Costa Rica quien trabaja de manera estrecha con la ONS. El CIGRAS se dedica al desarrollo científico y tecnológico de los sectores agrícolas y la integración de sus actividades a la docencia y a la acción social (CIGRAS, 2016).

En materia de control fitosanitario, el **Servicio Fitosanitario del Estado** (SFE) es el encargado de “controlar y regular el intercambio comercial de productos agrícolas tanto en la importación como para la exportación, el registro, control y regulación de sustancias químicas y biológicas de uso agrícola entre otros factores de



vigilancia" (SFE, 2021). Específicamente en materia de actividad arrocera, el SFE realiza acciones de vigilancia y control con el fin de proteger las plantaciones de problemas fitosanitarios (SFE, 2015).

En un ámbito similar de acción del SFE, la **Comisión Técnica Nacional de Bioseguridad** (CTNB), constituida a partir de la Ley 7664, juega un papel interesante en materia de sus atribuciones a nivel de órgano asesor del SFE (Ley 7664,1997).

Al ser la actividad productiva del arroz una que consume importantes cantidades de agua, el **Servicio Nacional de Riego y Avenamiento** (SENARA) juega un rol fundamental al disponer de infraestructura que permite reutilizar el agua para la siembra de diferentes productos, entre ellos el arroz.

Otros servicios operativos son ofrecidos por actores privados indirectos como lo son el **transporte** tanto para la producción primaria como para la importación del arroz.

En lo relacionado con **asistencia técnica e investigación**, si bien es facultad de CONARROZ, en la realidad convergen diversas instituciones que de alguna manera aportan a los procesos. Por una parte, el Instituto Nacional de Transferencia de Tecnología (INTA), que tiene la finalidad de contribuir con el sector disponiendo de servicios de investigación, así como innovación tecnológica (INTA, 2021). Por otra parte, las **Casas de Enseñanza Superior** juegan un rol fundamental en materia de investigación, capacitación y extensión. Universidades como el Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC), Universidad de Costa Rica (UCR), la Universidad Técnica nacional (UTN) y Universidad Nacional (UNA) han dirigido esfuerzos en esta materia para promover acciones de fortalecimiento del sector.

Desde 2017, las acciones de innovación e investigación se dirigen a través del Programa de Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria- arroz (PITTA -Arroz) constituido en 2017 (Presidencia CR, 2017). Las figuras de los PITTAs en Costa Rica son supervisadas por la Comisión Nacional de Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria (CONITTA).

La actividad productiva cuenta, además, con algunos servicios de seguros agropecuarios ofrecidos por el Instituto Nacional de Seguros, a través de su respectivo seguro agrícola.

Del mismo modo, se ha identificado el papel de la banca, tanto nacional como privada y la Banca para el Desarrollo (SDB) en la generación de insumos de crédito para el desarrollo de la cadena del arroz con el fin de implementar proyectos que sean económica y técnicamente sostenibles.

2.3 Marco normativo y de políticas

2.3.1 Marco supranacional

Costa Rica tiene una importante historia de ambición y acción climática centrada principalmente en "aumentar la resiliencia de la sociedad ante los impactos del cambio climático y fortalecer las capacidades locales para un desarrollo bajo en emisiones a largo plazo" (MINAE, 2015, p.2). Costa Rica ha ratificado 15 tratados internacionales vinculados con los desafíos ambientales tanto de interés para la comunidad mundial como para el país (CEPAL, 2021^a). De ellos, en 2016 Costa Rica ratificó el Acuerdo de París a través del cual se comprometió a "mantener el aumento de la temperatura global muy por debajo de los 2°C" (Acuerdo de París, 2015).

La piedra angular para asegurar la operatividad del **Acuerdo de París** y la consecución de sus objetivos a largo plazo son las **Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional** (NDC). Costa Rica presentó su primera NDC en 2015. En 2020, realizó su respectiva actualización procurando con ello incluir un "proceso robusto que incluyó modelación climática, construcción de escenarios narrativos y consultas ciudadanas" (Cambio climático CR,



2020). De manera puntual, es importante resaltar que la contribución 7.1 de la NDC de Costa Rica vigente establece que, al 2030, diversas cadenas productivas (entre ellas la de arroz) aplicarán sistemas productivos bajos en emisiones de GEI (NDC, 2020, p.36).

A nivel de Acuerdos Comerciales, uno de los que se presenta como relevantes para el sector es el Tratado de Libre Comercio entre Centroamérica y los Estados Unidos (CAFTA) el cual fue suscrito en 2003 y entró en vigor en 2004. Entre los productos agropecuarios en los que se acordó una reducción arancelaria se encuentra el arroz, el cual al 2025 debería estar compitiendo en el mercado con un arancel del 0%. Frente a este contexto, es importante resaltar que la NAMA presentada ofrece la posibilidad al sector nacional arrocero de mejorar su eficiencia y su diferenciación y con ello buscar competir en el mercado en un contexto donde el sector arrocero está obligado a mejorar sus índices de productividad.

2.3.2 Marco nacional

De manera articulada con los compromisos internacionales, el país ha adoptado una serie de diseños de política (*policy designs*) vinculados con la promoción de actividades productivas (entre ellas el arroz) sostenibles y amigables con el ambiente y, especialmente, que reduzcan las emisiones de GEI, permitiendo con ello acercarse a sus ambiciones climáticas.

Con respecto a la disminución de emisiones de GEI en el sector agropecuario, en el **Plan Nacional de Desarrollo e Inversión Pública (PNDIP) 2019 – 2022**, se contempla la instalación de 320 sistemas de producción con actividad agropecuaria, bajo el modelo de producción orgánica sostenible (PNDIP, 2019 p. 98). Un diseño de política complementario a los lineamientos del PNDIP 2019-2022 es el **Plan Nacional de Descarbonización al 2050** el cual orienta la “economía moderna, verde y libre de emisiones con el fin de poder contar con emisiones netas cero para el año 2050” (Plan de Descarbonización, 2019, p.56). El Plan contiene 10 ejes estratégicos entre los cuales se incluye el eje 8 relacionado con el “fomento de sistemas agroalimentarios altamente eficientes que generen bienes de exportación y consumo local bajos en carbono” Específicamente el eje contempla una meta relacionada con el “desarrollo de procesos de innovación en las cadenas de valor de productos prioritarios que facilite la generación de bienes descarbonizados. Para ello entre las actividades propuestas se considera el impulsar la descarbonización e integración vertical de las cadenas de valor prioritarias a través de: Desarrollar y consolidar procesos-programas de NAMAs en productos prioritarios, específicamente en arroz a través de su proceso inicial. (Plan de Descarbonización, 2019, p.56).

Dos instrumentos complementarios que apoyan a transitar hacia la consecución de la NDC de Costa Rica son la **Política Nacional de Adaptación al Cambio Climático (2018)** y el **Plan Nacional de Adaptación 2018-2030** el cual actualmente está en proceso de diseño (pendiente de oficialización). A nivel de Política sectorial, es fundamental resaltar elementos vinculados al **Plan Sectorial 2019 – 2022 del Sector Agropecuario, Pesquero y Rural**. El Plan está integrado por diez intervenciones estratégicas entre las cuales destacan para efectos del presente estudio una vinculada con impulsar acciones climáticas que contribuyan con la descarbonización integral del sector agropecuario a través del diseño e implementación de NAMAs en arroz, musáceas y caña de azúcar, las cuales se sumarían a las NAMAs existentes en ganadería y café (PND 2019 p.23). Como un esfuerzo intersectorial, la **Política de Estado para el Sector agroalimentario y el Desarrollo Rural Costarricense (2018)** se constituye en un documento de acción para la modernización técnica del sector agropecuario del país, incluyendo al sector arrocero (Política de Estado para el Sector Agroalimentario, 2018). Un esfuerzo intersectorial de gran importancia a la hora de hablar de descarbonizar la actividad productiva del arroz es **la Agenda Agroambiental**. Entre los ejes de trabajo de la misma se encuentran elementos relacionados con agricultura climáticamente inteligente (DCC, 2016). Otra iniciativa relevante corresponde a la **Estrategia Nacional de Bioeconomía 2020-2030**. En dicha Estrategia se contempla un Eje centrado en bioeconomía para el desarrollo rural a través de una mejor gestión



ambiental del sector agro (Estrategia Nacional de Bioeconomía, 2020, p.8). A nivel ambiental, existen otras herramientas de política que permiten las bases para las acciones de descarbonización de la actividad productiva del arroz. Entre ellas la **Estrategia Nacional REDD+**, **Estrategia Nacional de Cambio Climático**, así como la **Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible**. Finalmente, y no menos importante, un instrumento clave para la articulación intersectorial y el trabajo alineado para NAMA arroz es la Agenda AgroAmbiente MAG – MINAE (2021).

Una segunda arista de diseños de política en Costa Rica, al cual es necesario hacer referencia, es en lo relacionado con las intervenciones públicas para el incentivo de la producción y regulación de precio del arroz en el país. Según estipula la **Ley 8285 de Creación de la Corporación Arrocera Nacional**, a CONARROZ le compete la responsabilidad de hacer de conocimiento el monto mínimo del precio del grano que las empresas agroindustriales deberán pagar al productor⁸ (Art.6). Además, CONARROZ debe sugerir al MEIC el precio del arroz en granza y sus subproductos con valor económico para la compra que hacen los agroindustriales a los productores (Art.7) (Ley N° 8285, 2002). Actualmente, la mayoría de las intervenciones del Estado en materia de política arrocera se centran en la fijación de su precio y la protección de la producción nacional a través de diferentes herramientas de política. Una de las más importantes se encuentra a través de la **fijación de precios y márgenes de comercialización** (Ley N°7472, 1995). Una segunda intervención del Estado a nivel de diseño de política es el **cobro del arancel del 35% a las importaciones de arroz** que se realicen con el fin de proteger al productor nacional ante las épocas de bajos precios internacionales. Finalmente, mediante el Acuerdo entre el Ministerio de Ambiente y Energía y el Ministerio de Agricultura y Ganadería para la reducción de emisiones en el sector agropecuario (2018), ambas carteras ministeriales se comprometen a impulsar la descarbonización del sector agropecuario de manera paulatina, con el objetivo de reducir los niveles actuales de emisiones de GEI y aumentar la captura de dióxido de carbono por encima de las cifras vigentes (Acuerdo MAG-MINAE, 2018).

2.4 Análisis de barreras para implementar la NAMA Arroz

Se han identificado una serie de barreras que limitaría los esfuerzos de transformación y descarbonización del sector arrocero de Costa Rica. Las mismas fueron identificadas durante talleres con productores y técnicos y clasificadas en 6 categorías: institucionales, económicas, financieras, técnicas, gestión de conocimiento y capacidades. Se vincula cada barrera con las razones, causas y partes involucradas. Finalmente, se clasifica cada barrera según su prioridad (alta, media, baja).

Cuadro 6. Análisis de las barreras identificadas.

BARRERA: Uso ineficiente e inadecuado de agroquímicos y fertilizantes	
Categorías (dimensión de la barrera)	Técnica (ii) Fortalecimiento de Capacidades, (iii) Institucional
Razones	Existe una alta carga de agroquímicos en la producción de arroz, lo cual incrementa las emisiones. Esto se debe a factores como desconocimiento de mejores prácticas, capacidades de los productores y programas de asistencia técnica, deficiencia institucional en cuanto al registro de nuevas moléculas, limitado acceso a nueva moléculas, entre otras razones.
Causas y Vínculos	<ul style="list-style-type: none"> Fertilización inadecuada. Formas de aplicación no favorables con el ambiente.



	<ul style="list-style-type: none"> • Desconocimiento del sector sobre el impacto ambiental del uso de agroquímicos. • Alto costo y escasez de insumos en el mercado que habilita el trasiego de moléculas de alto riesgo para el ambiente. • La regulación de precios de agroquímico es pobre. • Rezago en el registro y actualización de agroquímicos disponibles.
Partes involucradas	<ul style="list-style-type: none"> • Productores. • Entidades de Asistencia Técnica (CONARROZ – MAG). • Sector Académico. • Entidades involucradas en el registro de nuevas moléculas plaguicidas.
Prioridad	ALTA
Alternativas propuestas	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicar la fertilización con los principios de agricultura de precisión, en función del crecimiento de la planta y la variedad utilizada. • Manejo integrado de plaga (monitoreo, aplicación basada en umbrales de población y daño esperado, preservación de enemigos naturales, etc.). • Mejorar la disponibilidad de moléculas nuevas. Esto requiere agilizar los procesos para registrar e importar nuevas moléculas nuevas.
BARRERA: Variedades no resistentes a las condiciones asociadas a Cambio Climático	
Categoría (dimensión de la barrera)	(i) Técnica, (ii) Fortalecimiento de Capacidades, (iii) Institucional
Razones	Las variedades que se utilizan en el campo no necesariamente están adaptadas de acuerdo con las diferentes regiones arroceras y con las condiciones de los diferentes agroecosistemas. Existe un arsenal de variedades de las cuales el productor puede seleccionar, pero no se sabe con certeza qué variedades son las más apropiadas para cada región.
Causas y Vínculos	<ul style="list-style-type: none"> • El país cuenta con más de 20 variedades, y el 85% de la producción nacional se concentra en sólo cuatro variedades (Centro Estadístico Arroceros, 2020). • No se han hecho investigaciones para lograr regionalizar las variedades basado en las distintas épocas de siembra de las zonas arroceras del país • Se liberan variedades con muy poca información técnica de manejo para los agricultores y la toma de decisiones en campo. • Las variedades actuales son para riego y para alta radiación. • Desarticulación institucional en cuanto a requisitos para la incorporación de nuevas variedades. • Oficina Técnica de la CONAGEBIO no articula con la ONS para dar el visto "final" al registro de nuevas variedades de arroz, ya sea generadas a nivel local o importadas.
Partes involucradas	<ul style="list-style-type: none"> • Sector Académico y Centros de Investigación. • Entidades de Asistencia Técnica. • Entidades involucradas en registro de nuevas variedades (CONAGEBIO, ONS, MAG).



	<ul style="list-style-type: none"> • Productores.
Prioridad	ALTA
Alternativas propuestas	<ul style="list-style-type: none"> • Mejora en el conocimiento de las variedades por parte de los productores para optimizar su uso dependiendo de la región, esto incluye: (a) Desarrollo de herramientas: Manuales de manejo agronómico de las variedades de arroz existentes o próximas a liberarse, que permitan alcanzar los potenciales de rendimiento y aumentar la productividad en campo y (b) Programas de capacitación. • Fortalecimiento de Programas de Mejoramiento Genético. • Utilizar variedades específicas para secano y secano favorecida o inundado, diferenciando entre regiones.
BARRERA: Poco acceso a información técnica clave	
Categoría (dimensión de la barrera)	(i) Técnica (ii) Fortalecimiento de Capacidades, (iii) Institucional (iv) Gestión del Conocimiento
Razones	<ul style="list-style-type: none"> • Existe, por parte de los productores, una dificultad en cuanto al acceso a información técnica clave, tanto a nivel de datos que sustenten la métrica de acciones de mitigación, como a nivel de información técnica generada como resultado de la investigación científica. • Se identifican como temas: (i) Acceso a técnicas de riego que permiten mitigación de GEI (ii) Datos climatológicos (ii) Control de malezas.
Causas y Vínculos	<ul style="list-style-type: none"> • Difícil interpretación y traducción de la información disponible en el campo. • La difusión de la información técnica está muy descentralizada y esto dificulta el acceso por parte de los productores.
Partes involucradas	<ul style="list-style-type: none"> • Sector Académico y Centros de Investigación. • Entidades de Asistencia Técnica. • Productores.
Prioridad	ALTA
Alternativas propuestas	<ul style="list-style-type: none"> • Información climática disponible de forma abierta tanto de historial como en tiempo real. • Capacitación del sector en el uso e interpretación de variables climáticas en la producción arrocerá. • Articulación de las acciones que las diferentes instituciones realizan en materia de investigación e innovación en arroz con el fin de buscar complementariedades. • Capacitación a los productores sobre la información disponible y uso de la misma de forma eficiente.
BARRERA: Maquinarias viejas e infraestructuras inadecuadas	
Categoría (dimensión de la barrera)	(i) Técnica, (ii) Fortalecimiento de Capacidades, (iii) Económica



Razones	<ul style="list-style-type: none"> El alto costo de compra de nuevos equipos, especialmente para el 75% de los productores nacionales, los cuales cuentan con menos de 50 hectáreas. Incertidumbre de qué va a pasar con la industria cuando el RD-CAFTA se materialice 100%. Esta incertidumbre reduce el interés de realizar inversiones de largo plazo. Mayoría de equipos son antiguos, con alto costo de mantenimiento, lo cual acarrea atrasos en las labores de producción.
Causas y Vínculos	<ul style="list-style-type: none"> Alto costo de maquinaria de precisión, infraestructura para el manejo de recurso hídrico, mantenimiento de maquinaria actual. Deterioro de equipos y retraso de labores. Limitado acceso a financiamiento de corto y largo plazo. Falta de opciones de capacitación para productores en el uso de tecnologías de precisión. Con excepción de los productores grandes, los servicios de preparación de terreno y cosecha son mayormente rentando. Una porción importante de los productores renta terrenos, lo cual también reduce el incentivo de realizar inversiones de largo plazo en maquinarias.
Partes involucradas	<ul style="list-style-type: none"> Entidades de Asistencia Técnica. Entidades Financieras. Productores. Sector Empresarial – Proveedores de maquinaria.
Prioridad	ALTA
Alternativas propuestas	<ul style="list-style-type: none"> Opciones de financiamiento para poder implementar prácticas de agricultura de precisión que permitan reducir insumos y un mejor manejo de recursos de manera más específica y/o detallada en las fincas. Uso de drones y acceso a programas de capacitación a los productores en el uso de estas tecnologías de precisión. Opciones de financiamiento para inversión en mejoras de infraestructura para el manejo del recurso hídrico. Análisis robustos de los efectos del DR-CAFTA
BARRERA: Incentivos económicos pobres / de difícil acceso	
Categoría (dimensión de la barrera)	(i) Económica – Financiera, (ii) Mercado., (iii) Institucional
Razones	Actualmente los mecanismos de incentivos a productores que implementen cambios tecnológicos para reducir GEI son deficientes, tanto a nivel de acceso como a nivel de información sobre los mismos. Existe un factor paralelo de relevo generacional que fue identificado como factor clave a tratar dentro del diseño y generación de incentivos para la producción verde.
Causas y Vínculos	<ul style="list-style-type: none"> Desconocimiento general del valor agregado y diferenciado de los diferentes actores de la agrocadena.



	<ul style="list-style-type: none"> • Poca capacitación en cuanto a gestión administrativa y empresarial (cambio generacional). • Ausencia de mecanismos accesibles de diferenciación de productos con menor huella ambiental. • No hay una diferenciación económica en precio para la venta de un producto verde o de baja carga química. Sin embargo, el precio de varios productos de arroz se ha logrado liberar de cara al consumidor, los cuales se encuentran en empaque atractivos y a precios mayores en los supermercados (p.ej., Arroz precocido, orgánico, arroz bastmati).
Partes involucradas	<ul style="list-style-type: none"> • Productores. • Entidades Financieras. • MAG – CONARROZ. • MEIC.
Prioridad	ALTA
Alternativas propuestas	<ul style="list-style-type: none"> • Favorecer asocio de productores. • Mayor participación de la agrocadena: conformación de cooperativas / asociaciones marca comercial propia, diferenciada. • Implementación de registros productivos, en particular para pequeños y medianos productores. • Implementación de un mecanismo de diferenciación de producto (etiquetado ambiental tipo 1 o Tipo 3). • Aprovechamiento de la Banca para el Desarrollo, para promover y apoyar a jóvenes agricultores a emprender en la actividad arrocera. • CONARROZ y UTN están trabajando el tema de relevo generacional, y ya existen estudios preliminares. • Generar una política de relevo generacional en el sector donde las nuevas generaciones estén orientadas a una producción más verde.
BARRERA: Manejo del recurso hídrico ineficiente	
Categoría (dimensión de la barrera)	(i) Institucional, (ii) Técnica, (iii) Fortalecimiento de Capacidades
Razones	<p>Los técnicos y productores desconocen los mecanismos de emisiones por efecto del riego, y por tanto desconocen las medidas óptimas para reducir emisiones de metano en sistema de producción con riego sin comprometer la productividad.</p> <p>La industria en general, bajo las condiciones de libre mercado que se avecinan con el RD-CAFTA, está forzada a mejorar los índices de productividad, la cual se consigue solo con riego complementario en caso de arroz en secano. Para ello, la industria está buscando soluciones para reducir los trámites para acceder al recurso hídrico y sustituir la producción secano por secano favorecido con riego complementario. Esta tendencia, hará que incrementen las emisiones a medida que más terreno secano pase a sistemas de producción con riego.</p>
Causas y Vínculos	<ul style="list-style-type: none"> • La industria y los programas de extensión hasta el momento no han priorizado la producción baja en emisiones, por tanto, los modelos de producción,




	<p>especialmente la producción en anegamiento, siguen métodos tradicionales, los cuales generan altas emisiones.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los distritos de riego en el país no cobran el agua en función del volumen usado, sino una cuota fija. Esto hace que no exista incentivo por parte del productor de mejorar eficiencias en el uso de agua. • En el país la mayoría de los suelos están infectados de malezas (p.ej., arroz rojo), lo cual obliga al productor a manejar regímenes de anegamiento permanente. Sin embargo, existen prácticas complementarias para agotar las malezas en el campo. • El arroz es un cultivo sediento, así deficiencias de agua tiene implicaciones serias en los niveles de productividad y por tanto en la rentabilidad del ciclo productivo. Por ello, promover mejoras para minimizar los periodos de anegamiento puede encontrar resistencia por parte de los productores. • Productores en secano, bajo las presiones del RD-CAFTA se ven en la necesidad de migrar a sistemas de irrigación para mejorar productividad y el costo por kg de arroz. Bajo las condiciones actuales, sin entrenamiento y apoyo de la NAMA, estos migrarán a la producción tradicional de anegamiento, incrementando las emisiones nacionales.
Partes involucradas	<ul style="list-style-type: none"> • Sector Académico y Centros de Investigación. • Entidades de Asistencia Técnica. • Productores. • MAG – CONARROZ. • SENARA.
Prioridad	ALTA
Alternativas propuestas	<ul style="list-style-type: none"> • Sustitución de la producción tradicional de arroz bajo condiciones de anegamiento por sistema de riego intermitente (AWD). • Generación de información sobre la importancia de metodologías para el uso más eficiente del agua. • Implementación de la siembra con el uso de taipas y curvas de nivel en siembras de secano, que permitan un uso más eficiente del agua y aprovechamiento de nutrientes.
BARRERA: Liderazgo y articulación ineficiente entre las partes involucradas	
Categoría (dimensión de la barrera)	Institucional
Razones	Existe una desarticulación en cuanto a los roles de liderazgo de las instituciones involucradas en la agrocadena, y las sinergias de oportunidad que se pueden generar para favorecer la consecución de las metas de un sector más sostenible, que implemente medidas efectivas para la consecución de las metas de la NAMA.
Causas y Vínculos	<ul style="list-style-type: none"> • Apoyo del MAG al sector arrocero no está alineado con las necesidades del sector. • Prioridades de investigación no están alineadas con las necesidades del sector (a nivel temático y de acceso). • Priorización hacia políticas externas. • Incentivos pobres para la asociatividad.



	<ul style="list-style-type: none"> • La participación de la mujer arrocera debe ser más activa, son alrededor de 50 productoras activas.
Partes involucradas	<ul style="list-style-type: none"> • MAG. • CONARROZ. • Sector Académico y de Investigación. • Entidades de Asistencia Técnica.
Prioridad	ALTA
Alternativas propuestas	<ul style="list-style-type: none"> • Fortalecer a CONARROZ para implementar la NAMA Arroz, a nivel técnico-ambiental y administrativo para la gestión de fondos. • Fomentar alianzas y articulación institucional entre diferentes instituciones (CONARROZ, INTA, MAG, UCR, UNA, etc.) para capacitar y generar conocimiento para los productores, bajo acuerdos formales de cooperación en el marco de la NAMA. • Mejorar la asociatividad de los pequeños productores a través de incentivos a mecanismos de asociatividad. • Aprovechar la coyuntura de la NAMA para el fortalecimiento de las entidades involucradas y del sector productivo arrocero en general.

Además, ha sido posible identificar una serie de barreras para movilización de financiamiento hacia la NAMA arroz con el fin de promover la transformación de los sistemas de producción tradicionales en sistemas económicos bajo en carbono:

BARRERAS DESDE LA PERSPECTIVA DEL PRODUCTOR
<p><u>Competencia con otras oportunidades de inversión.</u> Aunque la implementación del paquete de medidas baja en carbono tiene un retorno económico atractivo, es necesario resaltar que la toma de decisión de inversión estará compitiendo contra otras oportunidades de inversión que tenga la finca, y el acceso a financiamiento preferenciales (aunque sea de corto plazo) puede ser un factor importante para convencer a una finca de implementar ciertas medidas (aunque sean muy rentables). Se estima que los gastos financieros del paquete de inversión, bajo las condiciones de mercado actual, representan aproximadamente 3-4% del costo de producción. Por tanto, fuentes de financiamientos para financiar la producción baja en carbono a tasas preferenciales podrían motivar al productor.</p> <p><u>Recursos propios son limitados para financiar todos los insumos y servicios a su nivel óptimo, incluyendo las medidas de mitigación.</u> Según los técnicos de CONARROZ, la gran limitación para que los productores adopten las recomendaciones de CONARROZ (p. ej., uso óptimo de insumos) radica en que no cuenta con los recursos propios suficientes. Muchos productores, especialmente en seco, se quedan cortos con las actividades de preparación de suelo, siembra, manejo integral fertilización, plagas y enfermedades. Por tanto, un factor de éxito para la NAMA arroz es la movilización de recursos financieros externo a la finca.</p> <p><u>El acceso a financiamiento a tasas preferenciales es limitado.</u> Este problema es más severo en los productores seco, ya que muchos de estos están en la central de riesgo por incumplimiento (vulgarmente, "manchados"). En seco, los productores típicamente incumplen porque la incertidumbre climática compromete la productividad y por ende los ingresos para cubrir los costos de producción. También la falta de organización empresarial influye en que el productor manche su</p>



historial crediticio. Por tanto, la NAMA arroz debe buscar mecanismos para mejorar la formación empresarial y reducir el problema principal que afecta el acceso a créditos preferenciales (i.e., vulnerabilidad climática).

Resistencia al cambio. Hay productores que se resisten a adoptar nuevos paquetes de innovación sugeridos por CONARROZ. Por esta razón, es importante que CONARROZ realice demostraciones del impacto del paquete de medidas con líderes o grupo de productores, de manera que incentive la adopción (Darnton A. 2008) y en consecuencia que se movilicen fondos propios para implementar el paquete de medidas de la NAMA.

Desconocimiento sobre los beneficios y riesgos reales del paquete de medidas promovido por la NAMA generará incertidumbre, comprometiendo la tasa de adopción. Por esa razón, CONARROZ proveerá asistencia técnica especializada a los productores para que internalicen los beneficios.

BARRERAS DESDE LA PERSPECTIVA DE LA BANCA

La industria bancaria en Costa Rica, en general, tiene poco apetito para financiar el sector arrocero especialmente el subsector que produce en seco. Siguiendo el marco conceptual presentado en el **Anexo 1** se determinaron las barreras desde la perspectiva de la banca.

Factores técnicos que afectan la capacidad de pago de las obligaciones financieras.

- i. Incertidumbre productiva y variabilidad climática, especialmente en el sector seco. El cultivo de arroz es un cultivo sediento, por tanto, si el estrés hídrico es persistente, la productividad se ve comprometida. En ambos sistemas de producción, temperaturas sub-óptimas durante la floración también pueden comprometer la productividad, y por tanto la capacidad de pago. Los seguros agrícolas promovidos por el INS ayudan a reducir el riesgo para la institución financiera.
- ii. Falta de capacidad técnica de los productores para adoptar las medidas de mitigación, especialmente el manejo de agua intermitente (AWD). Una mala práctica de esta medida puede generar estrés hídrico, y comprometer la productividad.

Factores relacionados al historial crediticio.

- i. Muchos productores, especialmente los de seco, están en la central de riego. Esto limita la confianza del sector bancario para colocar crédito al sector.
- ii. Falta de formación administrativa y financiera también contribuye a una mala gestión de la deuda, que lleva a condiciones permanente de bajo acceso.

Factores afectando la dimisión de colaterales.

- i. Una porción importante de los productores no tiene suficientes colaterales (p.ej., el 50% de arroz producido proviene de terrenos alquilados) o no están dispuestos a ofrecerlo como colateral. Por tanto, la habilitación de garantías recíprocas o avales permitiría incrementar la confianza de las instituciones financieras.

Barreras relacionadas con el entorno económico.

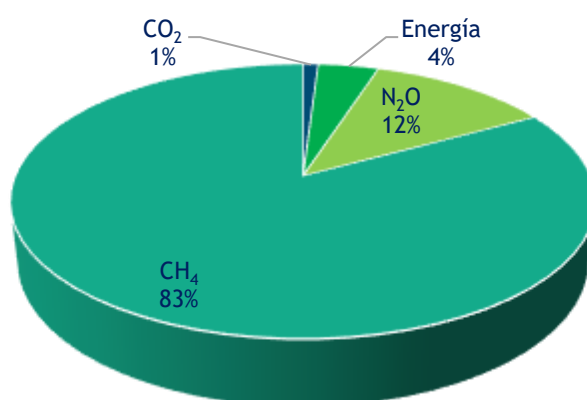
- i. Para financiamiento de corto plazo, los riesgos generados por el entorno económico es la inflación (ya que los precios rara vez se ajustan por inflación) y los problemas de suministro de insumos pueden afectar los costos de producción significativamente.
- ii. Para financiamiento de largo plazo, el DR-CAFTA representa un riesgo de recuperación. No se sabe con claridad el impacto que tendrá el DR-CAFTA.

3 Línea base de la NAMA

La línea base del sector arrocero de Costa Rica fue construida bajo las directrices metodológicas propuestas por el IPCC del año 2006 y refinamiento 2019. Para ello, la línea base cuenta con la cuantificación de emisiones asociadas directamente al cultivo per se, y a las emisiones relacionadas con el consumo de combustible en equipo agrícola estacionario. Si bien la NAMA se enfoca en la cadena productiva del arroz, la línea base fue estructurada en la fase de la producción primaria, esto debido principalmente a que el mayor porcentaje de reducción de emisiones se concentra en esta (más del 95%). Adicionalmente, los lineamientos MRV de Costa Rica hacen referencia a la producción primaria.

En promedio, las emisiones generadas para el sector arrocero se cuantifican en 403,8 gigagramos (Gg) de CO₂eq año⁻¹ para la serie 2000-2030, dentro de los cuales las emisiones generadas por los aportes de CH₄ proveniente de la descomposición anaeróbica de la materia orgánica corresponden al 83%, seguidas del N₂O de las fuentes nitrogenadas con el 12%. Por otra parte, las emisiones asociadas al consumo de energía representan al 4% y las asociadas al CO₂ provenientes del uso de cal y urea corresponden al 1% restante (ver siguiente figura).

Figura 5. Emisiones generadas para el sector arrocero (2000-2030).



Fuente: La presente investigación.

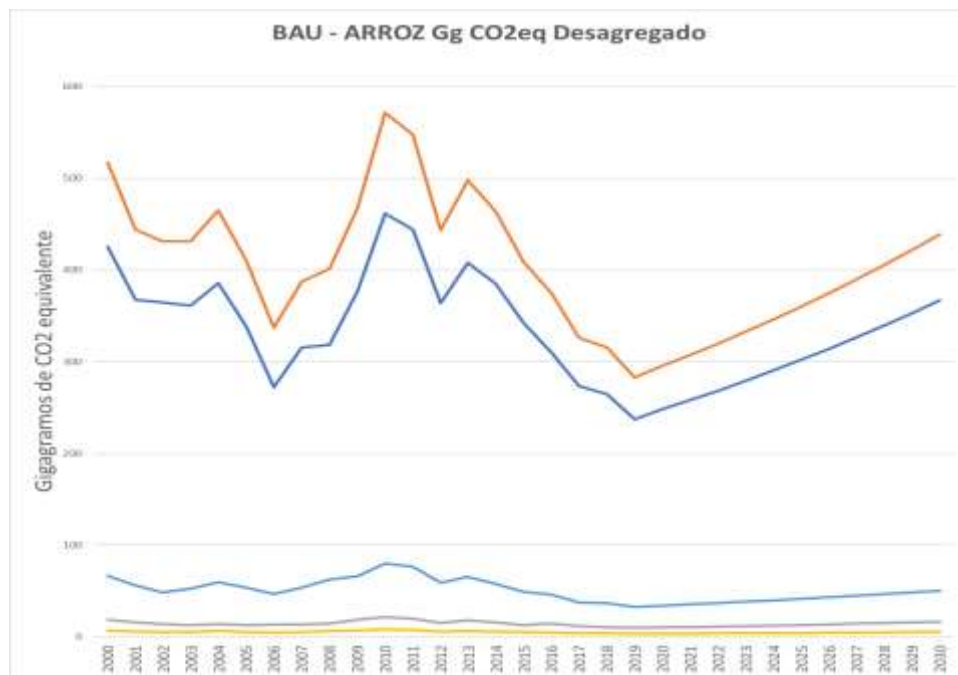
A modo general, las áreas en arroz seco y riego a escala nacional proyectadas equivalen para el año 2030 a 50.877 hectáreas, lo que representa el punto más cercano de áreas históricas entre los años 2002 y 2008, puesto que entre los años 2010 y 2013 se presentaron las mayores áreas sembradas en el país seguida de una tendencia decreciente que aún en el 2021 se puede apreciar. Por otra parte, los rendimientos por hectárea en la línea base



a partir del 2022 van en aumento en 1% con respecto al año anterior, lo cual fueron contemplados en las proyecciones. Finalmente, el aumento en los rendimientos del arroz ha generado un indicador de intensidad de emisiones de GEI de 2,2 tCO₂eq por toneladas de arroz producido para el año 2000. El 2030, en cambio, este indicador toma el valor de 1,9, lo que demuestra que al año 2030 los sistemas arroceros en Costa Rica serán 15% más eficientes desde el punto de vista de intensidad de emisiones.

En la siguiente figura se muestra la dinámica de la línea base y proyecciones por cada uno de los ítems que conforman la línea base.

Figura 6. Línea base desagregada por GEI del sector arrocero para la serie 2000-2030.



Fuente: La presente consultoría.

4 Medidas de la NAMA

4.1 Priorización y selección de medidas

El proceso de selección partió de una lista de medidas identificada por los actores nacionales (referencia nota conceptual), y se priorizó en función cinco criterios de selección (1-Potencial de mitigación, 2-potencial de resiliencia, 3-costo de implementación, 4-factibilidad de implementación (técnica y económica), 5-impacto en la productividad). Las medidas priorizadas en el proceso de ponderación fueron sometida al criterio experto, experiencias internacionales, y considerando los resultados de los talleres y reuniones con CONARROZ, MAG, MINAE, los productores y otros actores claves del sector arrocero en Costa Rica, y un análisis de barreras. Luego



fueron comparada con medidas bajas en carbono sugeridas por la literatura científica, la Plataforma de Arroz Sostenible (SRP por sus siglas en inglés)¹¹ y medidas seleccionadas para la NAMA arroz de Panamá y Tailandia.

Las medidas priorizadas para lograr las metas de mitigación en la producción arroceras de Costa Rica se resumen de la siguiente manera:

1. Cambio de los regímenes hídricos¹² → grupo de acciones que reducen emisiones de CH₄, incluyendo pasar de arroz anegado a riego intermitente o drenajes múltiples.
2. Manejo integrado de fertilización¹³ → grupo de acciones que reducen las emisiones de N₂O, mientras se optimiza la fertilización nitrogenada.
3. Variedades → Uso de variedades óptimas¹⁴ por región en cuanto a rendimientos, eficiencias hídricas, resiliencia a sequías y días por ciclo.

Esta lista de medidas en finca no es exhaustiva ya que se priorizaron las de mayor impacto en mitigación. Otras medidas de mitigación pueden ser incluidas durante la implementación de la NAMA. Adicionalmente, para garantizar la adopción de las medidas y los consecuentes co-beneficios de productividad, rentabilidad y resiliencia climática, estas medidas deben ser promovidas y financiadas dentro de un paquete integral de medidas basado en un diagnóstico ex ante por los técnicos de CONARROZ y el productor.

4.2 Descripción de las medidas priorizadas

A continuación, se describen las medidas priorizadas para la NAMA con el fin de resaltar su potencial de mitigación.

4.2.1 Cambios en los regímenes hídricos

Esta medida consiste en un grupo de acciones que reducen el consumo del agua mientras se reducen las emisiones de GEI. La principal acción incluye pasar de arroz anegado a riego con la metodología de drenajes múltiple (AWD¹⁵, por sus siglas en inglés). En la práctica, esta medida consiste en realizar riegos intermitentes donde el suelo tiene periodos inundados y secos de manera intermitente, permitiendo aireación del suelo.

Es catalogada como la principal medida para reducir emisiones en la producción de arroz (Lashof and Tirpak 1990), ya que reduce la descomposición anaeróbica de la materia orgánica en el suelo, reduciendo las emisiones de metano (Neue, 1993; Sass et al. 1992). Por tanto, esta práctica es más relevante para sistemas de producción de arroz inundado que para sistemas de producción en seco. Sass et al. (1992) encontró que el manejo de agua en el cultivo, permitiendo aireación múltiple, reduce las emisiones de metano de manera significativa comparando con el enfoque tradicional de inundación ininterrumpida. Sin embargo, los tiempos de aireación deben realizarse cuidadosamente para evitar estrés hídrico en la planta, y no comprometer la productividad.

¹¹ La Sustainable Rice Platform (plataforma de arroz sostenible, SRP) se creó en 2011 y está convocada conjuntamente por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y el Instituto Internacional de Investigación del Arroz. Su objetivo es promover la sostenibilidad y la eficiencia de los recursos en el sector del comercio del arroz a nivel mundial.

¹² Práctica 10 de estándar de la plataforma de arroz sostenible; adoptada por el NAMA de Tailandia.

¹³ Medidas 15 al 17 de estándar de la plataforma de arroz sostenible; adoptada por el NAMA de Panamá (IICA, 2020).

¹⁴ Medidas 9, 10.1, 10.2, 18.2, 19 del estándar de la plataforma de arroz sostenible; adoptada por el NAMA Panamá (IICA, 2020).

¹⁵ Alternate Wetting and Drying



¿Cómo implementar AWD de forma segura? Existen varios métodos de implementación (i.e., sensores de humedad del suelo, monitoreo visual). Como se muestra en la siguiente figura, una forma práctica de implementar AWD de manera segura es mediante el uso de un “tubo de agua de campo” (“tubería pani”¹⁶), el cual se usa para monitorear la profundidad del agua en el suelo¹⁷. Después del riego, la profundidad del agua disminuirá gradualmente. Cuando el nivel del agua haya descendido unos 15 cm por debajo de la superficie del suelo (i.e., una presión aprox. de -10 kilopascal a esa profundidad), se debe aplicar riego para volver a inundar el campo hasta una capa de agua de unos 5 cm. La cantidad de días entre riegos puede variar de 1 a más de 10 días dependiendo de factores como el tipo de suelo, el clima y la etapa de crecimiento del cultivo. Cercano a la floración (± 1 semana), el campo debe mantenerse inundado. Después de la floración, durante el llenado y la maduración del grano, se puede permitir que el nivel del agua baje nuevamente a 15 cm por debajo de la superficie del suelo antes de volver a regar. La AWD se puede iniciar unas pocas semanas (1 a 2 semanas) después de la siembra. Cuando hay muchas malezas presentes, la AWD debe posponerse durante 2 o 3 semanas para ayudar a suprimir las malezas con el suelo anegado de agua y así mejorar la eficacia del herbicida. La fertilización puede ser igual que como se realiza para el arroz inundado, pero debería aplicarse fertilizante N preferiblemente en el suelo seco justo antes del riego.

Figura 7. Tubo de agua Pani para monitorear el nivel de agua en el suelo.



Fuente: International Rice Research Institute

Las consultas con técnicos de CONARROZ y productores en todo el país determinaron que hay poco conocimiento sobre esta medida y se desconoce su potencial de mitigación, por lo cual es importante realizar fincas demostrativas sobre su uso seguro. Sin embargo, hay iniciativas en el país para mejorar la comprensión de la misma. Por ejemplo, un proyecto financiado por KOLFACI y ejecutado por la UCR ha determinado que con la implementación de la metodología AWD se logra una reducción del 30% de agua mientras se reducen emisiones de GEI.

¹⁶ Este tubo puede estar hecho de plástico o bambú con dimensiones 30 cm de largo y 10-15 cm de diámetro para que el nivel freático sea fácilmente visible y sea fácil de remover la tierra del interior. El tubo se debe perforar con muchos agujeros en todos los lados, para que el agua pueda entrar y salir fácilmente del tubo. Martille el tubo en el suelo hasta que solo quede 15 cm del tubo por encima de la superficie del suelo. Retire la tierra del interior del tubo para que la parte inferior del tubo sea visible. Cuando el campo esté inundado, verifique que el nivel del agua dentro del tubo sea el mismo que fuera del tubo. Si no es lo mismo después de algunas horas, los agujeros probablemente estén bloqueados con tierra compactada y el tubo debe volver a instalarse con cuidado. El tubo debe colocarse en una parte fácilmente accesible al campo cerca de un dique, de modo que sea fácil monitorear.

¹⁷ Existen sensores de humedad inalámbricos que se pueden usar para este mismo propósito.



4.2.2 Manejo integrado de fertilización reduzcan emisiones

Esta medida va dirigida a promover cambios en la práctica de fertilización nitrogenada sintética, reduciendo las emisiones directas e indirectas de N₂O, mientras se optimizan los programas de fertilización. CONARROZ maneja un arsenal de alternativas que permiten reducir la pérdida de nitrógeno por volatilización. También promueven medidas para sustituir nitrógeno sintético por nitrógeno natural. Entre algunas de las prácticas potenciales se destacan las siguientes:

- 1) Aplicar urea luego de drenar el terreno y cuando el suelo arcilloso se agrieta, así la urea queda atrapada en las grietas, reduciendo pérdidas por volatilización.
- 2) Uso de fertilizantes de liberación lenta, inhibidores de ureasa, reduciendo la actividad de nitrogenasa, y reduciendo la consecuente volatilización de nitrógeno.
- 3) Aplicar fertilizantes (inorgánicos y/u orgánicos; N, P y/o K) en los momentos y cantidades óptimos según necesidades de la planta, fertilidad del suelo, rendimiento esperado, y recomendaciones locales.
- 4) Utilizar sistemas naturales de mejora de la fertilidad del suelo. Por ejemplo, rotación de cultivos, cultivos intercalados y/o cultivos de cobertura no invasivos, barbecho con abono verdes para incorporar al suelo, rotación con leguminosas fijadoras de nitrógeno.
- 5) Aplicar material orgánico (p.ej., estiércol animal, abono verde, mantillo, paja de arroz) solo cuando las condiciones son favorables (p. e., materia orgánica o desechos en estado compostado; se le da suficiente tiempo para su descomposición antes de la inundación; está disponible localmente en cantidades suficientes y en un radio de 50 km).

En consultas con técnicos de CONARROZ en las regionales productoras de arroz se encontró que los productores aplican las dosis de fertilización recomendadas en los tiempos de mayor demanda de la planta, y que existen posibilidades de optimizar los programas de fertilización. Los productores en secano tienen mayores problemas de optimización dado a que el factor lluvia no siempre coincide con los momentos óptimos de fertilización. CONARROZ actualmente está realizando ensayos en fincas demostrativas en toda la región con el fin de mejorar las eficiencias de fertilización (p.ej., abonos verdes).

4.2.3 Optimización del uso de variedades

Esta medida consiste en optimizar el uso de variedades mejoradas, priorizando su adaptabilidad a las condiciones locales y su duración (días/ciclo¹⁸).

La industria arrocera en Costa Rica cuenta con un arsenal de 22 variedades de arroz las cuales difieren en el tamaño, capacidad de macollamiento, duración del ciclo productivo, tolerancia al acamado y enfermedades, calidad molinera, repuesta a nitrógeno, rendimiento y adaptabilidad a secano e inundación. Las cuatro variedades más usadas en el país son Lázaro FL, con un 45% del total del área sembrada en el país, seguido por Senumisa 20 FL con un 18%, Palmar 18 con 11%, Piuta INTA con un 11%, y SEN 220 con un 4% (CONARROZ, 2020^a). Estas variedades son en su mayoría variedades de arroz tipo índica, las cuales tienen mayor poder de calentamiento global que las variedades tipo japónica (Chirinda et al., 2018).

¹⁸ Para reducir emisiones es preferible contar con variedades de ciclo corto, sin embargo, existe una correlación negativa entre productividad y la duración del ciclo. En Costa Rica, las variedades de ciclo corto se prefieren en Secano, mientras que las variedades de ciclo largo se prefieren en los sistemas de producción anegado.



Neue (1993) y Gogoi (2008) sugieren como medida de mitigación desarrollar variedades de arroz con altos niveles de productividad y bajo potencial de emisión de metano, ya que su adopción no requeriría cambios significativos en las prácticas agrícolas. Sin embargo, en América Latina, el desarrollo de variedades está enfocada a mejorar productividad, adaptabilidad a diferentes condiciones climáticas y tolerancia a enfermedades. CONARROZ y otras instituciones públicas, privadas y académicas tienen esfuerzos en conjunto para desarrollar variedades con mayor poder de adaptabilidad y productividad. Adicionalmente, Chirinda et al. (2018) concluyó que el cultivo de arroz con variedades de alto rendimiento y bajas emisiones es un escenario de mitigación muy idealista. Por tanto, un enfoque más realista para lograr sistemas de producción bajo en carbono es centrarse en aumentar los rendimientos de arroz, para lograr producir arroz con Baja intensidad de emisiones mientras se mejora la seguridad alimentaria.

Consultas con técnicos de CONARROZ y revisión bibliográfica (CONARROZ, 2020a) indica que los productores están dispuestos a adoptar las variedades óptima para cada región y sistema productivo, pero carecen del conocimiento. Por tanto, se requiere de demostraciones en fincas piloto y experimentación.

Adicionalmente para lograr la optimización en el uso de variedades es importante considerar las siguientes acciones:

- 1) Que las semillas de siembra estén libres de semillas de malezas, plagas y enfermedades.
- 2) Usar semillas certificadas
- 3) Si el productor guarda semilla para la siembra, asegurar un control de calidad adecuado (i.e., análisis de pureza varietal, sin semillas de malezas, pruebas de germinación, almacenamiento seguro, control de hongos). También eliminar otro tipo de plantas en el campo antes de la cosecha, y que el tiempo de almacenamiento no exceda los 3 ciclos de cultivo.
- 4) Siembra de la semilla en momentos oportuno y apropiado de acuerdo con el clima local.
- 5) Uso de variedades adecuadas para el clima local y el sistema de producción.
- 6) Optimizar la fertilización a cada variedad de arroz.
- 7) Si el sistema de producción es seco: Almacenamiento de agua de lluvia in situ (i.e., taipas, otros) para riego suplementario, ya que se potencializa el desempeño productivo.
- 8) Si es sistema de riego: Nivelación con provisión de drenaje menores.
- 9) Siembra sincronizada.
- 10) El arroz se cosecha en el momento adecuado, con la humedad óptima, para garantizar la calidad del grano.

5 Escenarios de emisiones

Para el desarrollo de la NAMA fueron estructurados, diseñados y establecidos 3 escenarios, validados con CONARROZ, se cuantificaron variables importantes como días de duración, sistemas hídricos, aplicaciones de N, caracterización por tipo de productor entre otros, todos los potenciales de mitigación son los acumulados anuales y los datos presentados son el resultado hasta el año 2030. A continuación, se describen cada uno de los escenarios:



E1 – Piloto nota conceptual NAMA Arroz

Modela la intervención de reducción de emisiones de GEI en 10 productores pequeños, 7 medianos y 3 grandes propuesto en la nota conceptual NAMA Arroz (Costa Rica, 2020), con una tasa de crecimiento anual igual a la línea base correspondiente a un aumento del 4% respecto al dato oficial del año 2019. Se mantiene constante hasta el año 2030 la participación de los sistemas arroceros, teniendo una distribución del 46% del área nacional para riego y 54% para seco. Este escenario asume un aumento del 1% anual del rendimiento nacional de arroz teniendo para el año 2030 un rendimiento nacional de 4,5 toneladas hectárea⁻¹. Los principales indicadores del E1 son:

Medidas seleccionadas incluidas dentro del escenario 1

- Cambios en regímenes hídricos
- Nuevas prácticas de fertilización que reducen emisiones

Indicadores de reducción de GEI del escenario 1

- Área intervenida bajo E1 incrementa de 3.234 a 4.426 ha durante el periodo 2022-2030.
- Área intervenida del área arrocera nacional: **8,7%**
- Mitigación total acumulada al 2030 respecto al BAU: **-78,2 Gg de CO₂eq**
- Indicador GEI vs producción para el año 2030: **1,9 toneladas de CO₂eq por tonelada producida.**
- Inversiones necesarias para financiar la producción baja en carbono y las acciones habilitadoras de la NAMA, se estiman USD 9.17M durante el plan piloto y USD 30.49M para los escalamientos, para un total de USD 39.66M donde las acciones habilitadoras de la NAMA representan el 16%.
- El costo de abatimiento de GEI es de USD 35.70 / tCO₂eq reducida.

E2 – Crecimiento anual arrocero conservador con transición gradual a sistemas de arroz riego

El E2 contempla una tasa conservadora de crecimiento anual total nacional del área cosechada del 0,5%. Adicionalmente, la medida asume una conversión paulatina a sistemas de arroz riego para toda el área nacional a una tasa del 3% anual, teniendo así para el año 2022 una distribución del 46% riego y 54% seco; para el 2030 un total de 70% para arroz riego y 30% para seco. El escenario asume un aumento del 3% anual del rendimiento nacional de arroz teniendo para el año 2030 un rendimiento nacional de 5,4 toneladas hectárea⁻¹. Los principales indicadores del E2 son:

Medidas seleccionadas incluidas dentro del escenario 2

- Cambios en regímenes hídricos
- Uso de variables adaptadas de arroz
- Nuevas prácticas de fertilización que reducen emisiones

Indicadores de reducción de GEI del escenario 2

- Área intervenida bajo E2 incrementa de 1.342 a 1396 ha durante el periodo 2022-2030.
- Área intervenida del área nacional: **4%**

- Mitigación total acumulada de reducción al 2030 respecto al BAU: **-351,7** Gg de CO₂eq
- Indicador GEI vs producción para el año 2030: **2** toneladas de CO₂eq por tonelada producida
- Inversiones necesarias para financiar la producción baja en carbono y las acciones habilitadoras de la NAMA, se estiman USD 3.33M durante el plan piloto y USD 10.94M para los escalamientos, para un total de USD 14.31M donde las acciones habilitadoras de la NAMA representan el 18%.
- El costo de abatimiento de GEI es de USD 13.66 / tCO₂eq reducida.

E3 – Tecnificación sostenible de los sistemas productivos arroceros

Este escenario contempla la incorporación de sistemas tecnificados del sector arrocero, con una tasa de crecimiento anual igual a la línea base de un aumento del 4% respecto al dato oficial del año 2019. Al igual que el E2 y la LB la participación de sistemas de riego y secano se mantienen constantes hasta el año 2030 (46% y 54% respectivamente). Este escenario asume un aumento del 4% anual del rendimiento nacional de arroz teniendo para el año 2030 un rendimiento nacional de 5,8 toneladas hectárea⁻¹ y donde se incorporan especies mejoradas a las áreas intervenidas. Indicadores del E3:

Medidas seleccionadas incluidas dentro del escenario 3

- Cambios en regímenes hídricos
- Uso de variables adaptadas de arroz
- Nuevas prácticas de fertilización que reducen emisiones

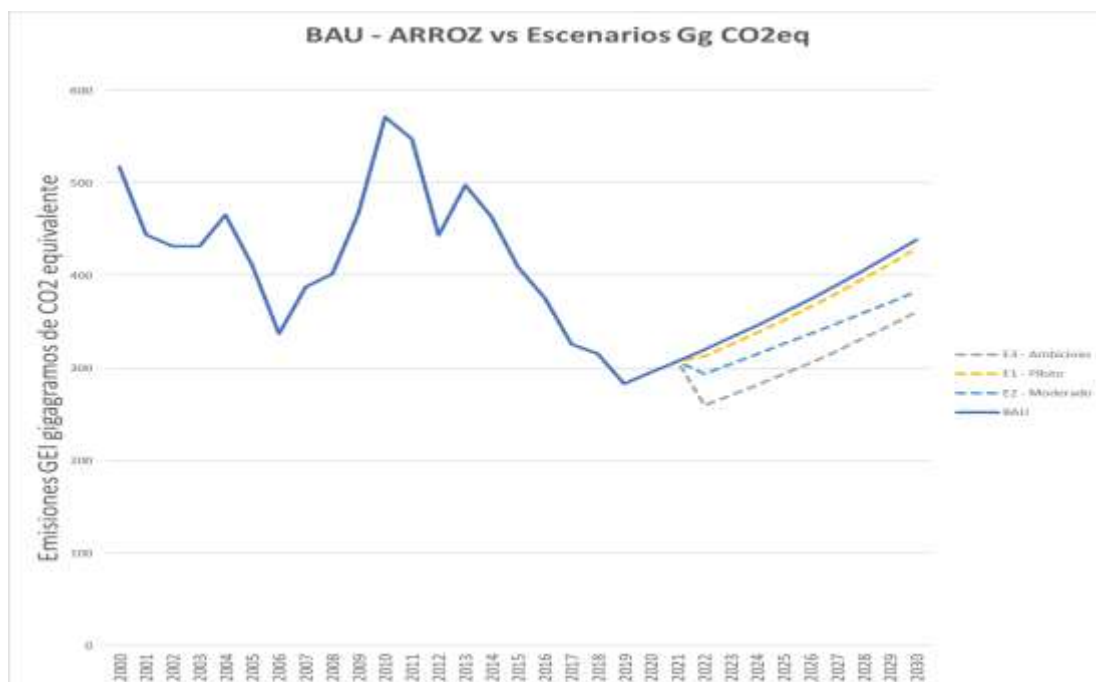
Indicadores de reducción de GEI del escenario 3

- Área intervenida bajo E3 incrementa de 11.436 a 15.651 ha durante el periodo 2022-2030.
- Área intervenida del área nacional: **30,8%**
- Mitigación total acumulada de reducción al 2030 respecto al BAU: **-622,5** Gg de CO₂eq
- Indicador GEI vs producción para el año 2030: **1,2** tCO₂eq por tonelada producida de arroz
- Inversiones necesarias para financiar la producción baja en carbono y las acciones habilitadoras de la NAMA, se estiman USD 31.69M durante el plan piloto y USD 77.62M para los escalamientos, para un total de USD 109.31M donde las acciones habilitadoras de la NAMA representan el 17.5%.
- El costo de abatimiento de GEI es de USD 4.65 / tonelada CO₂eq reducida.

En la siguiente figura se aprecian las emisiones relacionadas con la línea base (en azul continuo desde el año 2000) y los 3 escenarios propuestos para el desarrollo de la NAMA, donde sobresale el potencial de captura del E3 versus la línea base.



Figura 8. Línea base BAU vs E1, E2 y E3, Gg de CO2eq.



Fuente: La presente investigación.

Cuadro 7. Supuestos empleados en la construcción de la línea base para el sector arrocero, serie 2000-2030.

VARIABLE	E1 – PILOTO NOTA CONCEPTUAL	E2 – MODERADO	E3 – AMBICIOSO
Temporal	2022 – 2030	2022 – 2030	2022 – 2030
Año base	2022	2022	2022
PCG	AR2	AR2	AR2
Área TOTAL Arroz 2021 – 2030	Se asume una tasa de crecimiento anual del 4% desde el año 2019	Se asume una tasa de crecimiento anual del 1% desde el año 2019	Se asume una tasa de crecimiento anual del 4% desde el año 2019
Área cosechada arroz riego 2021 – 2030	Se asume el 46% nacional para la serie temporal	Se asume el 46% nacional para 2022 y aumenta 3% anual	Se asume el 46% nacional para la serie temporal
Área cosechada arroz seco 2021 – 2030	Se asume el 54% nacional para la serie temporal	Se asume el 54% nacional para 2022 y disminuye 3% anual	Se asume el 54% nacional



Rendimiento TOTAL Arroz 2021 – 2030	Se asume un crecimiento constante del 1% desde el 2022 en base al año 2019	Se asume un crecimiento constante del 3% desde el 2022 en base al año 2019	Se asume un crecimiento constante del 4% desde el 2022 en base al año 2019
Porcentaje de área intervenida vs área nacional	8,7%	4,0%	30,8%
Tamaño pequeño productor	17,5 ha	17,5 ha	17,5 ha
Tamaño mediano productor	119,8 ha	119,8 ha	119,8 ha
Tamaño grande productor	751,2 ha	751,2 ha	751,2 ha
Optimización de consumo de combustible	No se contempla	No se contempla	20%
Área deforestada para convertir a cultivo de arroz	0	0	0
Consumo en kg ha ⁻¹ de CAL	0	0	0
Consumo en kg ha ⁻¹ de UREA	135	135	135
Nitrógeno sintético kg ha año ⁻¹	100	100	150
Nitrógeno por residuo de cultivo kg t año ⁻¹	29,75	29,75	29,75
Días de duración ciclo arroz riego	110	115	110
Días de duración ciclo arroz seco	115	120	115
Factor de escala Régimen hídrico previo a la siembra	No se inunda menos de 180 días de siembra	No se inunda previo a la siembra	No se inunda menos de 180 días de siembra
Factor de escala Régimen hídrico durante el cultivo	Para arroz riego se contemplan periodos de drenaje múltiples y alimentado regularmente por lluvias para seco	Se contempla periodo de drenado simple para arroz riego y alimentado regularmente por lluvias para seco	Para arroz riego se contemplan periodos de drenaje múltiples y alimentado regularmente por lluvias para seco
Factor de emisión arroz riego kg CH ₄ ha día ⁻¹	4,94 como dato nacional utilizado en los inventarios	4,94 que se ajusta de acuerdo a los factores	4,94 que se ajusta de acuerdo a los factores

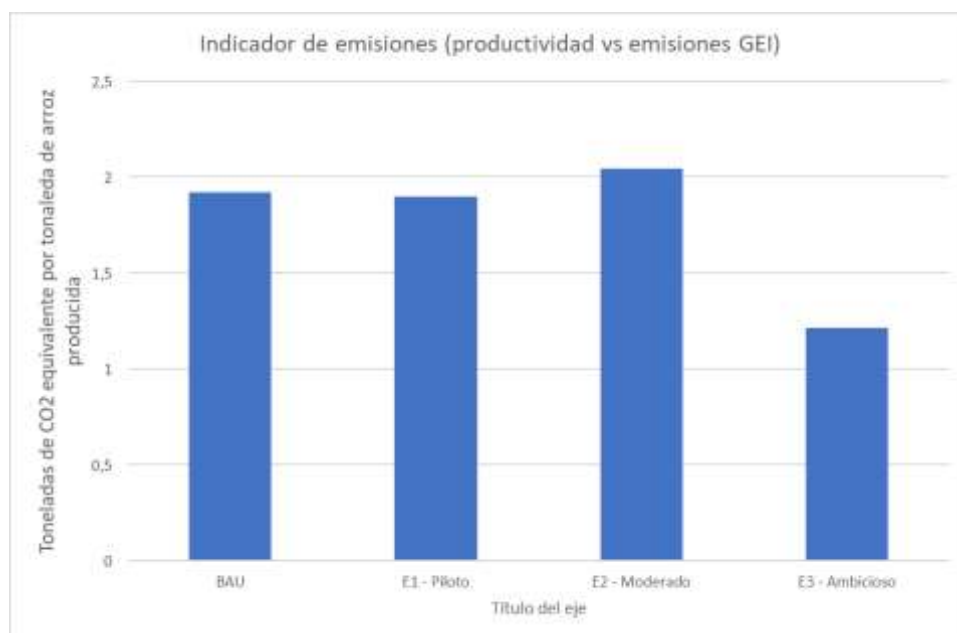


		hídricos de escala en las áreas intervenidas	hídricos de escala en las áreas intervenidas
Factor de emisión arroz seco kg CH ₄ ha día-1	1,27 sugerido por el IPCC	1,27 que se ajusta de acuerdo con los factores hídricos de escala en las áreas intervenidas	1,27 que se ajusta de acuerdo a los factores hídricos de escala en las áreas intervenidas
Factor de emisión de N ₂ O para sistemas inundados	0,005 sugerido por el IPCC	0,005 sugerido por el IPCC	0,005 sugerido por el IPCC
Factor de emisión de N ₂ O para sistemas no inundados	0,01 sugerido por el IPCC	0,01 sugerido por el IPCC	0,01 sugerido por el IPCC

Fuente: La presente investigación.

La Figura 9 muestra en resumen como es el comportamiento del indicador de productividad dado en toneladas por hectáreas y las emisiones generadas por cada hectárea dada en emisiones de CO₂eq. Se resalta que la línea base tiene como indicador para el año 2030 1,9 toneladas de CO₂eq por tonelada producida de arroz, en comparación con el escenario más ambicioso (E3) que cuantificó para el mismo año un indicador de 1,2.

Figura 9. Indicador de productividad NAMA arroz, año 2030 dado en toneladas de CO₂eq.



Fuente: La presente investigación.

6 Evaluación económica de las medidas NAMA

En esta sección se presentan los resultados del análisis económico de las medidas priorizadas y descritas en la sección 4.

6.1 Análisis financiero

Las medidas fueron evaluadas a través del análisis incremental de los flujos de cajas, partiendo del costo de producción promedio por hectárea, considerando el paquete tecnológico promovido por CONARROZ, y la productividad esperada. El análisis parte del avío promedio 2019/2020 de los sistemas de producción en anegamiento y en seco para un ciclo de producción. Para cada medida se analiza su impacto en los ingresos, costos totales y margen de ganancias neta. Así, el cuadro siguiente presenta el resumen del impacto que tiene cada medida de manera individual.

6.1.1 Impacto incremental de cada medida

La situación base (antes de implementar la medida) indica que la producción en anegamiento genera un margen neto del 20% mientras que la producción en seco solo genera 9%, bajo los supuestos utilizados.

Cuadro 8. Resumen de impacto de medidas priorizadas comparado con la línea base para un ciclo de producción.

MEDIDA por sistema de producción	Ingresos (USD/ciclo/ha)	Costos (USD/ciclo/ha)	Margen de ganancia incremental comparado con la línea base para un ciclo de producción
Sistema de producción Anegado			
Situación base	2.461	1.973	20% (base)
Medida: Cambios en el régimen hídrico	2.461	2.001	-1,0%
Medida: Manejo integral de fertilización	2.461	1.744	4,5%
Medida: Optimización variedades	2.584	1.985	3,0%
Sistema de producción Secano			
Situación base	2.174	1.985	9,0% (base)
Medida: Manejo integral de fertilización	2.174	1.924	1,5%
Medida: Optimización variedades	2.283	1.994	4,0%

Nota: Tasa de cambio = 632 colones/USD. Costos de producción, precios y rendimiento línea base = CONARROZ.

Fuente: Presente consultoría con datos de CONARROZ y opinión de técnicos.

Cambios en régimen hídricos: El costo por hectárea incrementa en 1% por efecto de mayor requerimiento de nivelación, compra de equipos para monitorear el agua, y control de malezas. El margen de ganancia se reduce en 1% ya que la productividad no se ve afectada. Aunque esta medida incrementa los costos de producción, se debe promover en la NAMA arroz por su alto impacto en mitigación de emisiones de metano.

Manejo integrado de fertilización: Se asume que se mejoran las eficiencias de aplicación, llevando a menores pérdidas por volatilización, lixiviación, y la percolación de nitrógeno. También asume que las reservas y disponibilidad de nutrientes en el suelo incrementan. Para ambos sistemas de producción se asume una reducción potencial del 10% del nitrógeno inorgánico sin perjudicar los niveles de productividad. Como resultado, el costo de fertilización se reduce, sin afectar la productividad, implicando un incremento en el margen de ganancia de 4,5% y 1,5%, para los sistemas de riego y seco, respectivamente, comparado con la situación base.



Uso de Variedades adaptadas: Se asume que el productor adopta las variedades más óptimas en cada región productiva, optimizando el manejo y los insumos a las necesidades de la planta. Como resultado se asume un incremento en productividad del 5%. Así, de manera individual esta medida tiene un impacto incremental en el margen de ganancia neto de 4% y 3% para secano y riego, respectivamente, comparado con la línea base.

6.1.2 Impacto económico de las medidas priorizadas de forma integral

En la implementación de la NAMA, las medidas de mitigación priorizada se deben promover y financiar dentro de un paquete de intervención que responda a las necesidades del productor, y que maximice los co-beneficios de productividad, rentabilidad y resiliencia climática. Por ello, en esta sección se evalúa la adopción de un paquete integral de medida para cada sistema de producción. El análisis se realiza por hectárea por año.

Las necesidades de inversiones en la producción de arroz típicamente son de capital de trabajo para uno o dos ciclos de producción por año. Las fincas en riego típicamente usan dos ciclos de producción por año, mientras que la mayoría de las fincas en secano solo pueden realizar un ciclo de producción por la estacionalidad de lluvias o ventanas de producción de otros rubros agrícolas.

Procedimiento del análisis: se realizan flujos de caja por hectárea/año para la situación base y la situación mejorada. A partir del último se estiman las necesidades de capital de trabajo, para luego determinar las necesidades de financiamiento. La diferencia entre los flujos de caja de ambas intervenciones determina los flujos de caja incrementales¹⁹, aislando así el impacto que tienen los cambios NAMA en una finca promedio. A partir de los flujos incrementales, se calcula:

- Los ingresos, costos y márgenes incrementales del paquete de intervención.
- Indicadores financieros como el VAN²⁰, relación costo beneficio (B/C)²¹ y la tasa interna de retorno (TIR²²) que genera el paquete de intervención.

Evaluación financiera de la intervención NAMA en arroz producido en anegamiento: Detalles de la proyección financiera y flujos de caja de la producción tradicional se presenta en el Anexo 2. En el Anexo 3 se presentan las proyecciones financieras luego de implementar las medidas NAMA y los supuestos usados. En el

Anexo 4 se presentan los flujos de caja incrementales e indicadores. En el Cuadro 9 se presentan los resultados de intervenir una finca de arroz anegado con el paquete de intervención. Este incrementa las ganancias netas en USD 396/ha/año, representando un incremento en utilidades de 9,2%. El incremento en ganancias se debe principalmente a una reducción significativa de los costos de producción (USD 675/ha/año), dado a que el productor reduce aplicaciones de fertilizantes, aplicaciones de pesticidas, aplica labranza mínima, entre otros. Los ingresos incrementales son USD 279/ha/año menos que la situación base debido a que el escenario simula la decisión de aprovechar el retoño, el cual genera una productividad de 80%²³ de la cosecha obtenida en el

¹⁹ El flujo de efectivo incremental es el potencial aumento o disminución en el flujo de efectivo de una empresa asociado con la adopción de un nuevo proyecto o la inversión en un nuevo activo.

²⁰ El VAN (Valor Actual Neto) son las ganancias en efectivo que le queda al productor luego de haber recuperado la inversión y el costo de oportunidad del capital propio. Para efecto de este estudio los flujos de caja son descontado al costo de oportunidad mensual ya que los flujos de caja son mensuales.

²¹ Es la razón B/C de los beneficios y costos actualizados.

²² El TIR es la rentabilidad promedio de una inversión. En ese caso, la TIR es la rentabilidad mensual promedio que tiene el paquete de intervención.

²³ Este valor es variable y depende del desempeño del primer ciclo.

primer ciclo. EL valor actual neto incrementa en USD 400/ha/año, asumiendo un costo de oportunidad anual de 10% (0,83% mensual), mientras relación beneficio-costo incrementa de 1,22 a 1,36. El paquete de intervención genera una rentabilidad promedio mensual del 21,65%. Los resultados indican que el paquete de medidas priorizadas y promovidas de manera integral es económicamente atractivo para el productor.

Evaluación financiera de la intervención NAMA en arroz producido en seco: Detalles de las proyecciones financieras de la producción tradicional en seco se presenta en el Anexo 5. En el Anexo 6 se presentan las proyecciones financieras luego de implementar las medidas NAMA y los supuestos utilizados. En el Anexo 7 se presentan los flujos de caja incrementales e indicadores.

En el Cuadro 9 se presenta el impacto de este paquete de intervención. El paquete de intervención mejora las ganancias netas en USD 463/ha/año, representando un incremento en las utilidades de 9,7%. El incremento ganancias se debe principalmente al incremento en los ingresos por el uso de variedades optimizadas y mejoras en el manejo productivo. También por una reducción en insumos y costos como resultado del manejo integrado de plagas, enfermedades y malezas. EL valor actual neto, asumiendo un costo de oportunidad anual de 10% (0,83% mensual), incrementa con el paquete de intervención en USD 433/ha/año. El paquete de intervención genera una rentabilidad promedio mensual del 89,74%, y la relación beneficio-costo incrementa de 1,15 a 1,28. Esto indica que el paquete de medidas de la NAMA es económicamente atractivo para el productor.

Cuadro 9. Resultados de intervenciones por ha/año para arroz anegado en dolares.

Rubro	Costo Total	Ingreso total	Utilidades	Margen (%) ganancia	VAN	TIR	B/C
Intervención NAMA en arroz producido en anegamiento							
Situación base	4.254	5.073	820	16,2%	695	8,48%	1,22
Intervención NAMA	3.579	4.794	1.216	25,4%	1.096	14,98%	1,36
Cambio incremental	-675	-279	396	9,2%	400	21,65%	NA
Intervención NAMA en arroz producido en seco							
Situación base	3.776	4.239	463	10,9%	365,09	5,14%	1,15
Intervención NAMA	3.567	4.493	927	20,6%	798,13	9,84	1,28
Cambio incremental	(209)	254	463	9,7%	433,04	89,74%	NA

Tasa de cambio = 632 colones/US. Costos de producción, precios y rendimiento obtenido del avío de CONARROZ.

VAN asume un costo de oportunidad anual del 10% (equivalente a 0,83% mensual).

Fuente: Presente investigación con datos de CONARROZ y opinión de técnicos.



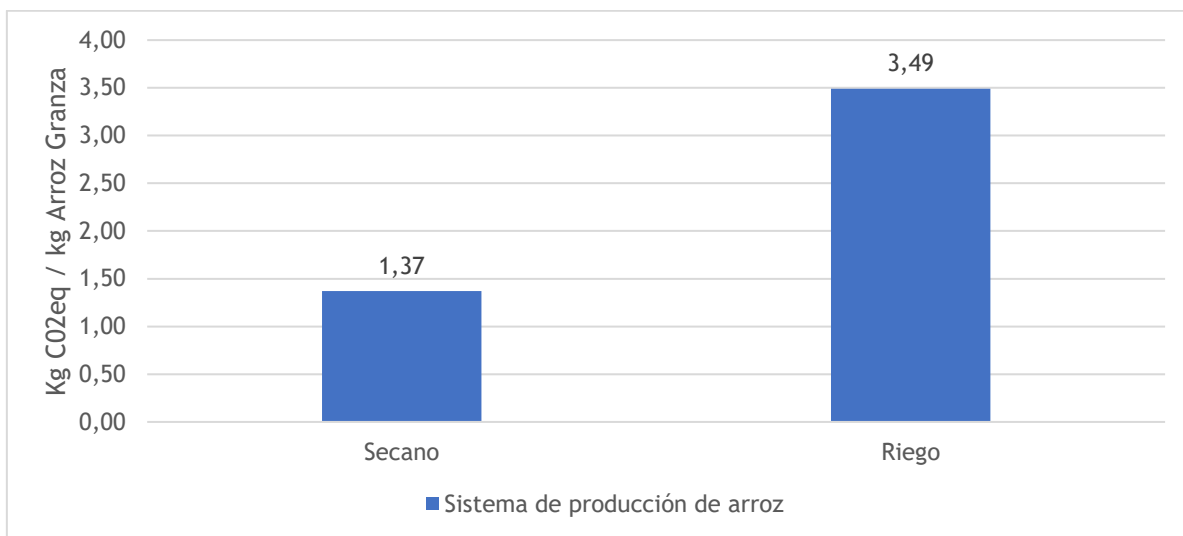
6.2 Costo y curva marginal de abatimiento de las medidas de mitigación

Las curvas marginales de abatimiento de emisiones de GEI clasifica las medidas de mitigación según su costo total (para el agricultor) por kg de CO₂eq reducido (Moran et al., 2011), proporcionando evidencia a los formuladores de políticas (Huang et al., 2016), y los productores para tomar decisiones informadas con respecto a las opciones de mitigación (Jiang et al., 2020). Eory et al. (2018) afirma que el desarrollo de curvas de abatimiento de emisiones permite visualizar las medidas más económicas de mitigación, y así estimular la discusión en torno a los complejos temas involucrados en la reducción de emisiones agrícolas.

El primer paso para calcular el costo de abatimiento y construir la curva de abatimiento consiste en calcular la intensidad de carbono por kg de arroz. Así las emisiones totales de GEI por hectárea, transformado en kg CO₂eq, se divide entre la productividad por hectárea.

Como se evidencia en la siguiente figura, el arroz proveniente de los sistemas de producción de arroz anegado tiene mayor intensidad de carbono, casi el doble, que la producción en seco. Sin embargo, cuando comparamos el costo de producción por unidad de producto, es mayor en seco (USD 0,44/kg de arroz) que en riego (USD 0,377/kg). Adicionalmente, la incertidumbre en los patrones de lluvia hace que el sistema de producción en seco tenga niveles de producción fluctuante, afectando así los indicadores de la intensidad de emisiones y costo unitario.

Figura 10. Intensidad de emisiones de GEI por sistema de producción.



*Nota: estos valores cambiarán en función de la finca que se esté modelando, por tanto, debe tomarse con un caso de estudio y no como un valor que aplica a toda la industria. Las emisiones de las fincas estudiadas se calculan partiendo del mismo procedimiento y supuestos utilizado en la sección 3 y 5, pero aplicado a cada sistema de producción de manera individual, considerando la matriz de insumos de producción que determina la estructura de costo del avío de CONARROZ 2019/2020.

Fuente: Presente consultoría con datos de técnicos de CONARROZ

El siguiente cuadro muestra el impacto en abatimiento de emisiones que tienen las medidas de mitigación priorizadas.

Cuadro 10. Costo de abatimiento de emisiones, luego de aplicar las medidas de mitigación.

Intervención	*Intensidad de emisiones (Kg CO ₂ eq / kg Arroz)	Costo unitario (USD/Kg arroz)
Línea base considerando avío de CONARROZ – Riego	3,49	0,377
Línea base considerando avío de CONARROZ – Secano	1,370	0,44
Finca aplicando cambios en los regímenes hídricos	1,371	0,382
Δ Diferencia (línea base – cambios en régimen hídrico)	Δ (2,12)	Δ (-0,005)
Finca aplicando mejoras en fertilización/riego	3,15	0,354
Δ Diferencia (línea base – cambios en fertilización/riego)	Δ (0,34)	Δ (0,03)
Finca aplicando mejoras en fertilización/secano	1,08	0,43
Δ Diferencia (línea base – cambios en fertilización/secano)	Δ (0,29)	Δ (0,01)
Finca usando variedades adaptadas / Riego	3,20	0,374
Δ Diferencia (línea base – cambios en fertilización/Riego)	Δ (0,29)	Δ (0,003)
Finca usando variedades adaptadas / Secano	1,24	0,425
Δ Diferencia (línea base – cambios en fertilización/Secano)	Δ (0,13)	Δ (0,019)

*Nota: estos valores cambiarán en función de la finca que se esté modelando, por tanto, debe tomarse con un caso de estudio y no como un valor que aplica a toda la industria. La intensidad de emisiones se calculó igual que para la Figura 10.

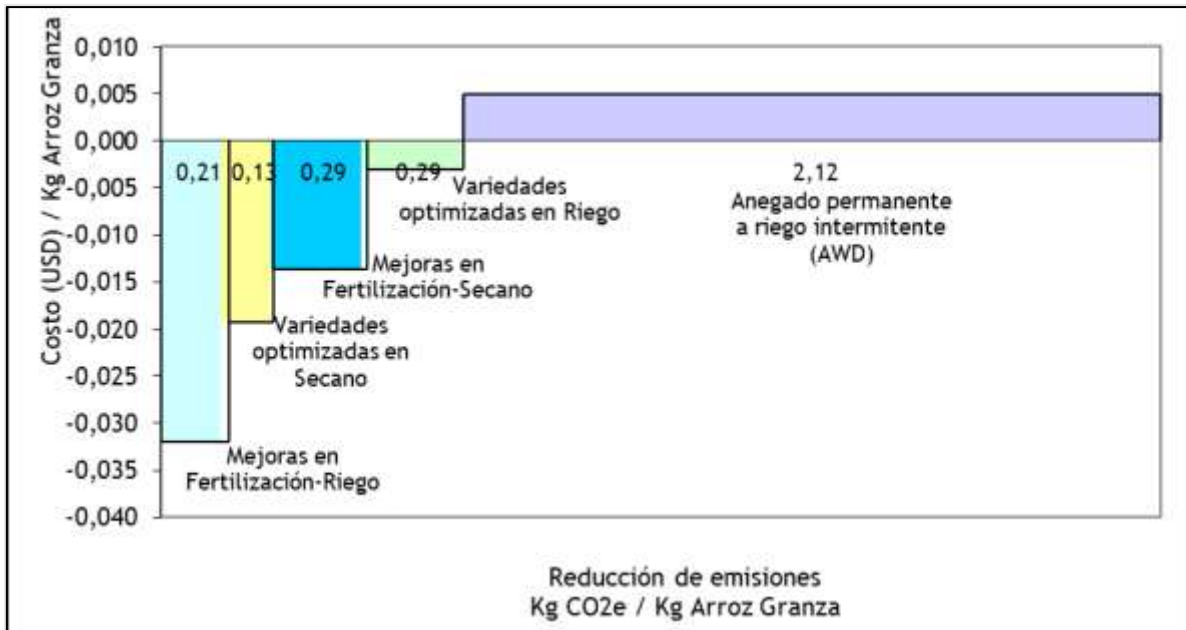
Fuente: Presente investigación con datos de CONARROZ y opinión de técnicos; Tasa de cambio 632 colones/USD.

Luego de cambiar riego en anegamiento por riego intermitente (AWD), la intensidad de carbono de arroz producido se reduce de 3,49 a 1,37 kg de CO₂eq por kg de arroz producido, para una reducción del 60% (2.12 kg de CO₂eq por kg de arroz). Por el contrario, el costo unitario de producción incrementa de USD 0,377 a 0,382/kg de arroz granza. **Para las demás medidas**, el costo por kg de arroz se reduce mientras que la intensidad de carbono se reduce en: 9.7% (medida → Cambios en fertilización – Riego); 21% (medida → Cambios en fertilización – Secano); 8.3% (medida → Uso de variedades adaptadas – Riego); 9.04% (medida → Uso de variedades adaptadas – Riego).

En la Figura 11 se presenta la curva de abatimiento marginal, siguiendo a Duffy et al 2021. El eje Y representa el costo incremental por kg de arroz de implementar las medidas de mitigación, incluyendo los beneficios marginales derivados de la implementación. Cuando los beneficios marginales sobrepasan los costos de implementación, el costo de abatimiento se hace negativo, implicando que la medida mejora la eficiencia de costo para el sistema de producción, y por tanto se incrementa la rentabilidad del sistema. El eje X representa la reducción de emisiones por kg de arroz granza que se logra con cada medida. Note que todas las medidas analizadas generan reducciones de CO₂eq, por tanto, solo se presenta el lado derecho del eje para mostrar los diferentes niveles de reducción que tiene cada medida.

La curva de abatimiento indica que todas las medidas, con la excepción de cambios en el régimen hídrico (i.e., AWD), mejoran las eficiencias en costos, traduciéndose en mayores niveles de rentabilidad mientras se reducen las emisiones. A pesar de que la medida AWD, incrementa el costo por kg de arroz en (USD 0.005), esta tiene un potencial de mitigación diez veces más que las otras medidas (2.12 vs 0.22 Kg CO₂e/kg Arroz). Por tanto, es importante desarrollar incentivos que motiven a los productores a realizar la transición de riego anegado permanente a riego intermitente siguiendo los principios AWD.

Figura 11. Curva de abatimiento de emisiones de GEI por sistema de producción y medidas.



Ejemplo de Interpretación: Cuando se aplica las mejoras en fertilización en sistemas de producción con riego se genera una mitigación potencial de 0.21 kg CO₂eq / Kg Arroz mientras se genera una reducción en el costo de producción de arroz de USD 0.030 / Kg de arroz. Por el contrario, cuando se cambia el régimen hídrico de anegado permanentemente a riego intermitente, el costo/kg de arroz incrementa ligeramente en (USD 0.005), pero genera una mitigación de USD 2,12 kg CO₂eq/Kg Arroz.

Fuente: La presente investigación.

El costo de abatimiento es el costo incurrido para reducir una tonelada de CO₂e, el cual se puede calcular para cada medida través de la siguiente ecuación:

$$\text{costo de abatimiento}_i = \frac{CU_{LB} - CU_i}{IE_{LB} - IE_i} * 1000,$$

Donde *costo de abatimiento_i* es el costo (USD) necesario para reducir una tonelada de CO₂eq; *i* representa la medida de mitigación; *CU_{LB}* representa el costo unitario (i.e., USD/Kg de arroz granza limpio) de la línea base (una finca con las características del avío de CONARROZ); *CU_i* representa el costo unitario cuando la finca ha implementado la medida *i*; *IE_{LB}* representan la intensidad de emisiones en Kg CO₂eq por kg de arroz en la situación base; y *IE_i* representa la intensidad de emisiones de dicha finca cuando se implementa la medida *i*. El resultado se multiplica por 1000 para obtener la unidad USD/TonCO₂eq.

Como se puede apreciar en el siguiente cuadro, el costo de reducir emisiones es negativo para la mayoría de las medidas. Por ejemplo, reducir una tCO₂eq en arroz producido en anegamiento con la medida 1, generaría una reducción en costo de USD 150 para el productor. En el caso de la medida 2, ese ahorro sería de USD 140. El ahorro en las medidas 3 y 4, generaría ahorros de solo USD 50 y USD 10, respectivamente. Por el contrario, para reducir 1 tCO₂eq con la medida 5, el costo para el productor sería USD 2.36, lo cual es relativamente barato comparado con el costo de compensación de emisiones típico en el mercado (i.e., 12/ton CO₂eq) (Duncan Clark. 2009).

Cuadro 11. Costos de abatimiento de emisiones por medida NAMA priorizada.

Medidas	Reducción en costo unitario (USD/kg Arroz)	Reducción de emisiones (kg CO ₂ eq/kg Arroz)	Costo de abatimiento (USD/ tCO ₂ eq reducido)
1-Mejoras en eficiencias de fertilización – Riego	(0,032)	0,21	-150
2-Variedades optimizadas por región – secoano	(0,019)	0,13	-140
3-Mejoras en eficiencias de fertilización – secoano	(0,014)	0,29	-50
4-Variedades optimizadas por región – Riego	(0,003)	0,29	-10
5-Cambio riego anegado por riego intermitente (AWD)	0,005	2,12	2,36

Fuente: La presente investigación con datos de CONARROZ y opinión de técnicos.

7 Teoría del Cambio

La Teoría del Cambio (TdC) permite determinar los pasos para evidenciar cómo se perciben los cambios de la iniciativa NAMA de manera causal. Asimismo, ayuda a definir qué indicadores son pertinente de diseñar para implementar las estrategias de seguimiento adecuadas. Por esta razón, es de vital importancia velar por la especificidad de cada uno de los componentes de la TdC en su diseño operacional y, en el modelo conceptual, mostrar su relación causal en la ruta a la transformación. La TdC representa el pilar fundamental de las evaluaciones de impacto y se recomienda utilizarla como base para el desarrollo de cada una de ellas, tanto a nivel de cada componente como a nivel del proyecto en general.

En TdC se presenta la relación causal que evidencia cómo se perciben el proceso transformacional del sector arrocero. La TdC parte del análisis de **barreras**, **las actividades** necesarias para dismantelarlas, las cuales se ejecutan para lograr **productos** de implementación (detallados en el diseño operacional). El conjunto de productos esperados genera los **resultados-impactos** esperados, lo cual eventualmente se traduce en el **cambio transformación deseado** para el sector arrocero. Durante la fase de planificación y diseño de la NAMA ARROZ, el diseño de la TdC ha tenido como finalidad asegurar que todos los componentes identificados y diseñados en la NAMA estén presentes en el esquema de transformación, así como las interrelaciones entre los mismos, para asegurar la coherencia entre objetivos, acciones y resultados. Esto a la vez con la intención de facilitar un lenguaje común y consensuado entre los equipos que estarán tomando parte en la implementación de la NAMA, y a la vez generar un espacio de innovación en la práctica, un ajuste adaptativo de acciones y una efectiva retroalimentación de experiencias de implementación del modelo de intervención.

La **Figura 12** ofrece un resumen de la TdC propuesta para la presente NAMA, indicando las barreras a dismantelar, las actividades a implementar (GdC, mecanismos operativos, gobernanza, MRV), los resultados de impacto esperados, y el efecto transformacional.

7.1 Elementos de la Teoría de Cambio

7.1.1 Transformación

Este elemento de la TdC se basa en el objetivo principal de la NAMA arroz: *“lograr un cambio transformacional en la producción, industrialización y comercialización del arroz, al definir una estrategia que orienta la selección, implementación y evaluación de las acciones de mitigación de GEI y resiliencia climática, para asegurar una gestión*



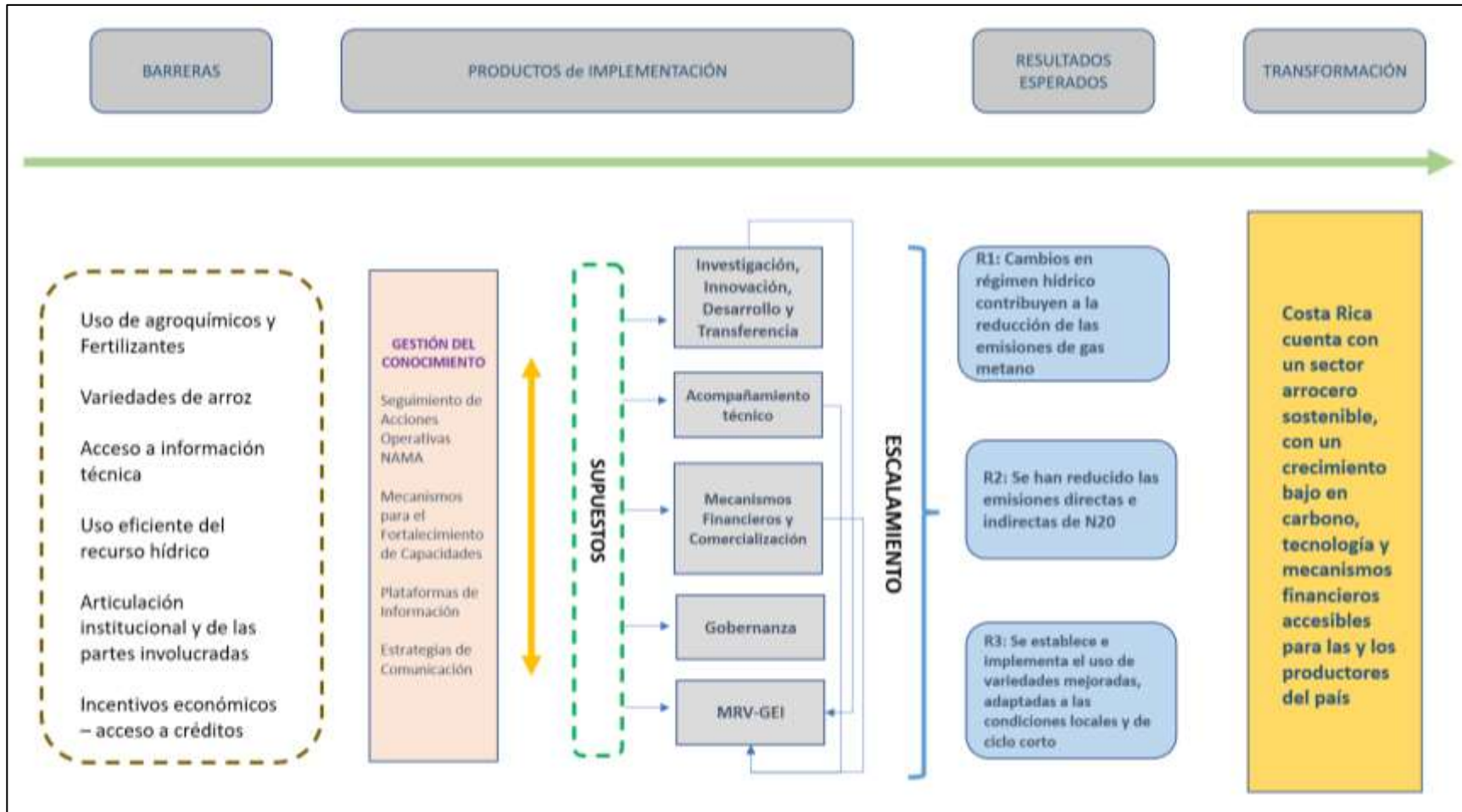
rentable con enfoque climático". En la Teoría de Cambio, se enfatiza el enfoque transformacional del objetivo a través del énfasis en el sector meta del proyecto (sector arrocero de Costa Rica), las personas que se beneficiarán de la transformación y el estado o conjunto de condiciones que se esperan el sector alcance como resultado de la implementación de la NAMA. El elemento transformacional está implícito a lo largo del modelo conceptual, partiendo de la naturaleza explicativa causal de la TdC, de tal manera que los demás mecanismos/componentes estén ubicados siguiendo la ruta hacia alcanzar la transformación.

7.1.2 Resultados de impacto

Los resultados de impacto están estrechamente relacionados con los logros, a largo plazo, de la implementación de las medidas seleccionadas como prioritarias para la NAMA Arroz. Las medidas de mitigación identificadas para la NAMA arroz se basan en la lista de medidas potenciales identificadas por los actores en el sector durante la escritura de la Nota Conceptual y en la priorización correspondiente que se les dio a través de los procesos de consulta llevados a cabo durante el diseño de la NAMA y los criterios de priorización usados en la sección 4.

Cuando se hace referencia a resultados de impacto, se integra no solamente la implementación de las medidas, sino la integración de estas en todo el sector. Al ser resultados de impacto, es de esperarse que cada uno de ellos estén conformados por un conjunto de resultados que, anidados, pueden indicar que la implementación de la medida alcanzó su objetivo principal. Es en este nivel donde las Evaluaciones de Impacto del proyecto deben tomar lugar.

Figura 12. Teoría del Cambio de la NAMA Arroz.



Fuente: La presente investigación; R=Resultado



7.1.3 Resultados de implementación

Este elemento de la TdC se basa en los mecanismos del diseño operacional de la NAMA. Los resultados de implementación son definidos como los resultados de las acciones específicas propuestas para cada uno de los mecanismos de la NAMA, detalladas en el Diseño Operacional (Sección 8). Para cada uno de los mecanismos, el diseño operacional provee un esquema de operación en el cual se muestran las interrelaciones de las acciones de cada mecanismo, para las cuales es pertinente establecer indicadores de seguimiento que se utilizarán en las evaluaciones a mediano plazo. De la misma manera, el diseño operacional de la NAMA muestra las interrelaciones existentes entre los mecanismos de operación.

Para la NAMA Arroz, se establecieron los mecanismos de a) Investigación, Innovación, Desarrollo y Transferencia, b) Acompañamiento Técnico, c) Mecanismos Financieros y de Comercialización, d) Gobernanza, y e) Monitoreo, Reporte y Verificación; este último como componente vital para la Evaluación del Impacto de la NAMA a nivel transformacional.

Como parte de los resultados de implementación, la TdC hace hincapié en supuestos, diagramados de manera transversal para todos los mecanismos operacionales de la NAMA Arroz. Estos supuestos se encuentran detallados en el documento de diseño operacional de la NAMA Arroz: son específicos para cada uno de los mecanismos y constituyen el conjunto de acciones que generan las condiciones habilitadoras para que la operación de la NAMA fluya acorde con lo propuesto. No obstante, el carácter interrelacional de los mecanismos de la NAMA hace que las condiciones habilitadoras de un mecanismo faciliten a la vez toda la implementación de la NAMA.

Se asume como parte de la TdC que el abordaje temprano de estos supuestos garantizará un flujo efectivo de las actividades de acompañamiento técnico propuestas para generar los cambios transformacionales del sector. Como es evidente en el texto citado, el abordaje de estos retos requiere del diseño de acciones a nivel de fortalecimiento de capacidades, plataformas de información, estrategias de comunicación, que se resaltan en el Modelo Conceptual de TdC como acciones transversales del componente de Gestión del Conocimiento.

De la misma manera, algunas de las acciones de gobernanza y de articulación institucional propuestas en el Diseño Operacional constituyen elementos de base para garantizar el flujo eficiente de la operación de la NAMA, adquiriendo así un carácter de condiciones habilitadoras, o supuestos. No obstante, el mecanismo de gobernanza también comprende acciones específicas de trabajo como mecanismo operacional de la NAMA, que hacen pertinente resaltarlos dentro de los resultados puntuales de implementación.

7.1.4 Barreras

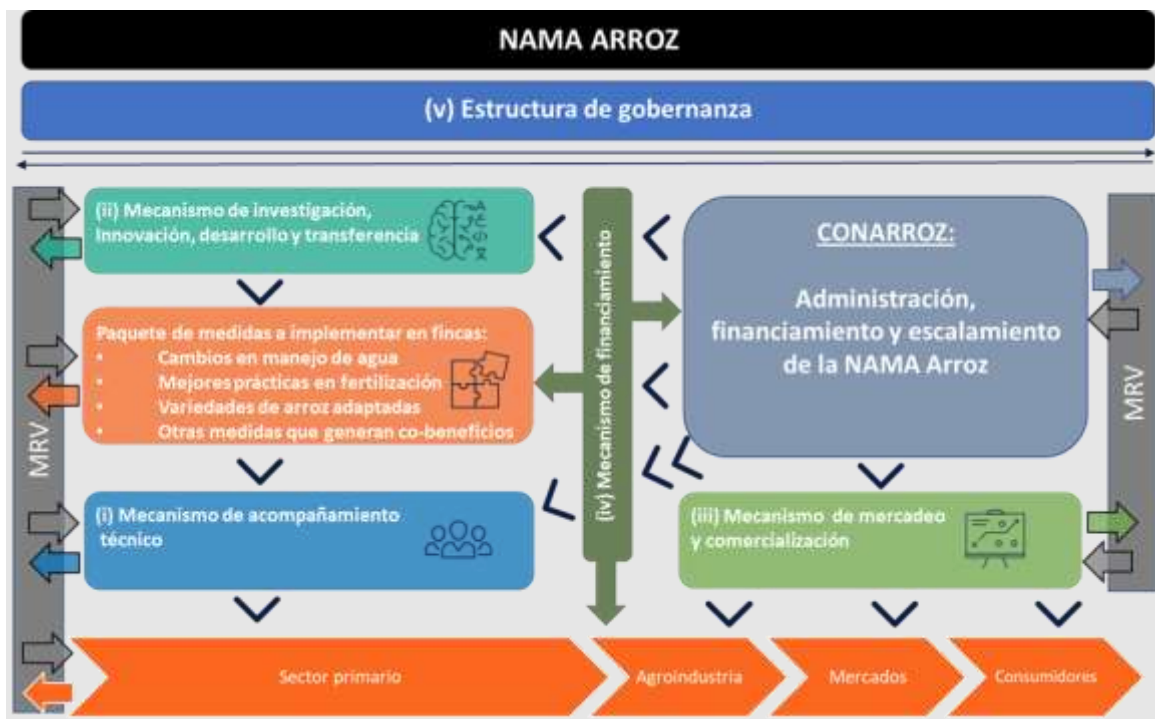
Como parte de las actividades ejecutadas para la recopilación de información base para el diseño de la NAMA Arroz, fueron organizados dos talleres de trabajo con representantes del sector productivo, académico, de investigación y de gobierno con el fin de analizar las barreras para la implementación de las medidas propuestas por la NAMA Arroz. Este ejercicio lanzó 6 ámbitos principales en los cuales se presentan las barreras consideradas de prioridad alta en el sector. El detalle de las barreras se presentó en la sección 2.4 y constituyen áreas de atención a revisar, idealmente como parte de los procesos de evaluación a mediano plazo, de tal manera que allí se puedan encontrar posibles factores disruptivos del flujo operacional que sea necesario abordar para asegurar la consecución de los resultados esperados.

A continuación, en el Diseño Operacional de la NAMA, se muestran las acciones necesarias para dismantelar las barreras y encaminar el sector hacia un proceso de desarrollo económico de la agrocadena bajo en carbono.

8 Diseño Operacional de la NAMA

El diseño operacional de la NAMA se compone de 5 mecanismos. Dichos mecanismos son el mecanismo de gobernanza, de asistencia técnica, de innovación y desarrollo, de mercadeo y comercialización y el financiero. El conjunta de actividades en cada uno de estos mecanismos permitirá el cambio transformación, donde se reduzcan emisiones a la vez que se mejoran los niveles de productividad, rentabilidad y resiliencia climática.

Figura 13. Estructura de la NAMA e interrelaciones entre mecanismos operativos



Fuente: La presente investigación.

Como se visualiza en la figura anterior, la NAMA Arroz se rige por una **estructura de gobernanza**, donde CONARROZ funge como encargada de administrar, financiar y escalar la NAMA. Se propone un **mecanismo de financiamiento** con los instrumentos adecuados para financiar la transformación de fincas NAMA y las acciones habilitadoras NAMA. Así, CONARROZ, a través del este mecanismo, alineará sus operaciones y gestionará recursos externos para apoyar la ejecución de los mecanismos i- v.

El **mecanismo de investigación, innovación y desarrollo** genera la evidencia científica y técnica para validar el paquete de intervención en finca. Este módulo alimenta el MRV (p.ej., actualización de factores de emisión), y también recibe retroalimentación del MRV (p.ej., estadísticas).

El grupo de medidas priorizadas para la NAMA son promovidas por el **mecanismo de acompañamiento técnico**, en conjunto con otras medidas que generan co-beneficios (p.ej., productividad, rentabilidad y resiliencia climática). Para financiar el paquete de intervención en finca, la NAMA Arroz se apoya del mecanismo de financiamiento.

Para lograr que la producción de arroz bajo en carbono logre alcanzar el mercado final, se deben crear condiciones habilitadoras, lo cual implica financiar la agrocadena para apoyar en la transición y aplicar los **mecanismos de mercadeo y comercialización** (p.ej., certificaciones, diferenciación). Información generada para la cadena de valor alimentaría al MRV, y este a su vez genera estadística para los tomadores de decisión y para



que el mecanismo de mercadeo tenga las evidencias necesarias para comercializar y mercadear el atributo “bajo en carbono”.

A continuación, se ofrece detalle de cada uno de ellos.

8.1 Mecanismo de Gobernanza

La complejidad de los desafíos que aborda la presente NAMA arroz requiere una estructura de gobernanza interna robusta enfocada en promover la cooperación y colaboración entre diferentes tipos de actores y niveles de toma de decisiones a escala nacional que coadyuve a promover los co-diseños participativos, así como la institucionalidad efectiva y multi-actor en el sector arrocero. Este mecanismo debe articularse con los instrumentos de política existentes, así como con los espacios de articulación multi actor que actualmente existen, con la finalidad de asegurar la complementariedad de las acciones dentro del sistema de gobernanza existente y buscar, con las acciones NAMA, fortalecerlo.

La siguiente figura proporciona una mirada general del esquema de gobernanza, evidenciando 4 niveles y su articulación entre sí. Con el fin de que estos niveles puedan interrelacionarse efectivamente entre sí, es fundamental elaborar un plan de comunicación interna que se acompañe de un diagrama de procesos donde quede definido las unidades competentes para la toma de decisión, coordinación y operación de la NAMA, así como las herramientas requeridas para ello que se traduzca en herramientas de seguimiento, memoria y sistematización del proceso.

Cada una de dichas capas se explica a continuación:

Figura 14. Esquema del mecanismo de Gobernanza de NAMA Arroz.



Fuente: la presente investigación

8.1.1 Nivel 1 – Comisión de Alto Nivel (CAN)

El primer nivel descrito en la Figura 14 responde a una CAN, la cual es el órgano de toma de decisión máximo de la NAMA arroz. El mismo se materializa en una comisión que deberá ser constituida por la Junta Directiva de



CONARROZ y en la que se recomienda participen decisores de política de esta institución, así como del MAG, MEIC y MINAE, específicamente la Dirección de Cambio Climático.

Este espacio se reuniría dos veces al año en sesiones ordinarias y con la posibilidad de sesionar dos veces más en modalidad de sesión extraordinaria. Su objetivo fundamental será asegurar que la NAMA esté alineada con la política pública arrocer costarricense, así como con las ambiciones climáticas de descarbonización de la economía que son parte de la Política de Estado costarricense en materia climática.

Complementariamente, se sugiere que sean parte de los roles y responsabilidades de la CAN el:

- Informar a las máximas autoridades de CONARROZ, MAG y MINAE sobre los avances de la NAMA arroz y sus desafíos estratégicos.
- Ofrecer la orientación estratégica y política para posicionar e impulsar la NAMA arroz, así como para incorporar las acciones requeridas que aseguren su cumplimiento.
- Evaluar los resultados derivados del mecanismo de MRV de la NAMA y aprovecharlos como insumos para la toma de decisión.
- Orientar político y estratégicamente la labor del Comité Técnico a través de la figura de quien ejerza la secretaría ejecutiva con el fin de alinear todas las acciones a las metas de descarbonización, así como con otros instrumentos de política nacional y sectorial. Ello incluirá la revisión y aprobación del plan anual de trabajo del Comité Técnico.
- Recibir y emitir criterio estratégico y político acerca de los planes e indicadores de la NAMA arroz y de los proyectos específicos que dentro de ella se generen.
- Gestionar políticamente la designación de representantes sectoriales e institucionales ante el Comité Técnico.
- Apoyar las acciones encaminadas al acceso de fondos nacionales e internacionales que permitan nutrir la NAMA arroz y aumenta su ambición climática.
- Comunicar oportunamente al Comité Técnico, las modificaciones o término anticipado de contratos o convenios que se hayan establecido para la implementación de la NAMA arroz.

La relevancia de la constitución de este comité radica en la necesidad de poder tener presencia de MINAE en este espacio de toma de decisión. Actualmente en la Junta Directiva de CONARROZ no participa esta cartera ministerial por lo que reviste de importancia el contar con un acuerdo de la Junta directiva para la conformación de este comité que contemplaría a la cartera de ambiente.

La estrategia para poder constituir dicho espacio formalmente pasaría por los siguientes pasos:

- Presentar el esquema de gobernanza dentro de la Junta Directiva de CONARROZ.
- Que el presidente y el secretario de la Junta Directiva promuevan un acuerdo para la constitución de dicho Comité.

8.1.2 Nivel 2 – Secretaría Ejecutiva

El segundo nivel de este mecanismo de gobernanza lo constituye una Secretaría Ejecutiva con roles centrados en coordinación gerencial y articulación de la NAMA arroz. Luego de haber realizado el análisis de la gobernanza existente, así como de haber mapeado las fortalezas institucionales existentes en CONARROZ, se sugiere que dicha Secretaría Técnica sea desempeñada por la Jefatura de Operaciones de CONARROZ.



El objetivo de esta Secretaría es ser el vínculo entre la toma de decisión político-estratégica (Nivel 1) y la técnico-operativa (Nivel 3), asegurando que las acciones tengan el sustento técnico requerido y estén alineadas con las orientaciones que emanen de la Comisión de Alto Nivel.

Complementariamente, se sugiere que sean parte de los roles y responsabilidades de la Secretaría Técnica el:

- Promover una estrategia de Arroz 4.0 alineada a las políticas nacionales de descarbonización, así como a los lineamientos sectoriales. Esta política orientaría la NAMA como herramienta operativa de gestión.
- Convocar las sesiones del Comité Técnico y dar seguimiento a los acuerdos y compromisos que de él deriven.
- Comunicar al Comité Técnico la línea estratégica decidida por la CAN.
- Asegurar que las acciones enmarcadas en el trabajo del Comité técnico se alinean con la propuesta nacional NAMA arroz y con las políticas nacionales de descarbonización y sectoriales.
- Ser la secretaria del Comité Técnico.
- Realizar comunicación y promover articulación entre las diferentes instituciones que forman parte del mecanismo de gobernanza arrocería nacional.
- Recibir los reportes del Comité Técnico, así como los informes del Mecanismo de Monitoreo, Reporte y Verificación para elevarlos al Comité Técnico.
- Alinear las medidas NAMA y el Plan Estratégico de CONARROZ.
- Promover la alineación de los convenios de cooperación con diversas instituciones hacia la agenda de la NAMA arroz.
- Asegurar el cumplimiento de las cartas de entendimiento, procedimientos, manuales y normas que sean aplicables para la ejecución de recursos donados ante los posibles cooperantes.
- Recomendar a la CAN lo que sea necesario en caso de requerirse cambios en los recursos o plazos para el cumplimiento de programas y proyectos.
- Apoyar el proceso de verificación de la auditoría de cumplimiento de los planes de la NAMA arroz.
- Informar a la CAN con la periodicidad acordada sobre el avance del cumplimiento de los objetivos y planes propuestos en la NAMA arroz, con base en los indicadores establecidos.

Para apoyarse, se sugiere que esta Secretaría Técnica cuente con un Consejo Asesor a modo de *Petit comité*, el cual pueda darle asesoría puntual en los temas que la Secretaría crea oportuno. Entre los asesores de dicho *Petit comité* es importante considerar la Oficina de Acciones Climáticas del MAG y la Dirección de Cambio Climático del MEIC. Complementariamente, es fundamental buscar recursos para asegurar un apoyo a la coordinación con los recursos que pueda apalancar la NAMA.

Actualmente, para que la Secretaría Ejecutiva pueda constituirse en los términos antes mencionados se requiere de los siguientes pasos.

- Presentar el esquema de gobernanza dentro de la Junta Directiva de CONARROZ, así como la idea de que la Secretaría Ejecutiva esté dentro de dicha Jefatura.
- Que la Junta Directiva tenga un acuerdo en firma de esto.



8.1.3 Nivel 3 – Comité Técnico

El Comité Técnico representa la instancia encargada de articular esfuerzos interinstitucionales y público-privados hacia las ambiciones climáticas de la NAMA. El ecosistema institucional en Costa Rica a nivel de instituciones de apoyo ha demostrado que desarrolla acciones que apoyan a los diferentes eslabones de la agro-cadena. Sin embargo, no en todos los casos, estas acciones de apoyo se dan de manera articulada, lo que deriva en duplicación de acciones y una reducción de la eficiencia de los recursos invertidos, así como de su potencial de escalabilidad.

Este comité articularía la asistencia técnica y el apoyo que los diferentes eslabones de la agro-cadena reciben actualmente con el fin de asegurar una complementariedad de los esfuerzos y con ello un uso eficiente de los recursos.


Dentro de este Comité Técnico se sugiere que participen técnicos de alto nivel de CONARROZ (Dirección de Investigaciones) – MAG (Oficina de Acción Climática – MINAE (Dirección de Cambio Climático – MEIC (Dirección de investigaciones económicas y de Mercados – Universidad (UCR – TEC – UNA – UTN), INTA, IMN, ONS y el coordinador del PITTA Arroz.

Como primera tarea, dicho comité tendría la responsabilidad de gestionar y presentar un Plan de Acción del Piloto de la NAMA arroz a la Comisión de Alto Nivel. Posteriormente, el Comité podría conformar subcomisiones en los siguientes niveles, articulado con la Teoría del Cambio del Proyecto, así como con el Mecanismo Operativo que se presenta en este documento. A saber:

- Subcomité de Asistencia Técnica, a través de la cual se pueda aprovechar la presencia institucional de ciertas instituciones en campo para poder ofrecer y capacitar en torno a las medidas NAMA implementadas.
- Subcomité de Innovación y Desarrollo, dónde se puedan establecer líneas de investigación conjunta en temas que todavía esté pendiente el levantamiento y validación de información; así como el aprovechamiento de investigaciones realizadas.
- Subcomité de Mercadeo y Comercialización, espacio dónde se aborden temas vinculados con las certificaciones, así como la socialización de estrategias de valor agregado y experiencia de agroindustria y estrategias de diferenciación del producto.
- Subcomité de Finanzas Climáticas, espacio donde podría abordarse el apalancamiento de fondos nacionales e internacionales y alineación de la cooperación internacional, así como la auto-sostenibilidad económica de NAMA (desde la demanda).
- Subcomité de gestión del Conocimiento. En el cual puedan alinearse planes de capacitación de capacitadores, desarrollo de mallas curriculares, así como de herramientas requeridas para la gestión del conocimiento a nivel de capital estructural, relacional y operativo.

Para cada uno de los subcomités se designará un coordinador que represente una institución con amplio conocimiento y experiencia en la materia quien estará en trabajo y coordinación permanente con la capa operativa (Nivel 4) de la presente propuesta a través de la Dirección de Asistencia Técnica e Investigación de CONARROZ.

Complementariamente, se sugiere que sean parte de los roles y responsabilidades de la Secretaría Técnica el:

- 
- Generar planes y actividades específicas de la NAMA arroz a través de los subcomités específicos, en línea con las necesidades de la Dirección de Asistencia Técnica en Innovación como coordinador de la capa 4 de la presente propuesta.
 - Recibir, revisar y validar productos, estudios y documentos generados en el proceso.
 - Validar la reglamentación o procedimientos técnicos.
 - Apoyar a los equipos técnicos de Piloto en la facilitación de información, contactos, gestiones institucionales que sean requeridas para la implementación de actividades y productos establecidos en los planes de trabajo.
 - Brindar orientación técnica pertinente para la ejecución exitosa de la NAMA arroz.

Este Comité Técnico deberá ser oficialmente constituido a través de una directriz de la Junta Directiva de CONARROZ por recomendación de la Comisión de Alto Nivel.

8.1.4 Nivel 4 – Componentes operativo

Finalmente, el cuarto nivel de la NAMA arroz lo constituye un nivel operativo a través del cual operan las acciones técnicas en campo. Se sugiere que esta gestión esté liderada por la Dirección de Asistencia Técnica e Investigaciones del CONARROZ quien se encargará concretamente de la gerencia operativa de la NAMA.

Debido a que la NAMA es un ejercicio ambicioso y de gran alcance, así como parte de una política visionaria de descarbonización de la economía, es necesario sumar y alinear todos los esfuerzos institucionales requeridos para su implementación.

Para ello, la Dirección de Asistencia Técnica e Investigaciones levantará una lista de los temas en los cuales se requiere apoyo del Comité Técnico y aprovechará los diferentes subcomités para sumar esfuerzos y recursos institucionales hacia la consecución de los escenarios más promisorios para cada una de las medidas.

Además, trabajará en torno a 5 líneas estratégicas vinculadas con la teoría del cambio propuesta para la presente NAMA, a saber: (i) asistencia técnica, (ii) investigación y desarrollo, (iii) mercadeo y comercialización, (iv) finanzas. Las acciones específicas que se realizan en cada una de estas áreas se explican las secciones 8.2-8.5.

Para cada una de ellas, la Dirección podrá solicitar y recibir insumos de los coordinadores de los subcomités del Comité Técnico, informando en el proceso a la Dirección de Operaciones en calidad de Secretaría Ejecutiva de la NAMA.

Complementariamente, se sugiere que sean parte de los roles y responsabilidades de la Secretaría Técnica el:

- Liderar implementación y monitoreo de la NAMA arroz en el corto, mediano y largo plazo.
- Instruir, dar seguimiento y validar las actividades del personal que se desempeñará como apoyo técnico en la implementación de la NAMA arroz.
- Tramitar con la debida justificación ante la CAN, las solicitudes de asignación de personal técnico a la NAMA arroz.
- Supervisar el diseño, implementación y ajustes del MRV arroz en vínculo con las unidades de estadística y reporte de datos respectivas de CONARROZ.

Esta Unidad Operativa deberá ser oficialmente constituido a través de una directriz de la Junta Directiva de CONARROZ por recomendación de la Comisión de Alto Nivel.



8.1.5 Consideraciones importantes sobre el esquema de gobernanza

A nivel de diseños de políticas, es importante recalcar que (en materia de políticas de estado) si bien existe un cuerpo normativo y legal diverso, hay una ausencia importante de un diseño de política que genere las condiciones estructurales para la actividad arrocera como tal. Las decisiones y los rumbos de acción de la actividad productiva como tal se discuten siempre a la luz de los contingentes de desabasto y de la fijación de precios, centrando la fuerza más en esta área decisional que en otros elementos de la actividad productiva. Complementario a ello, existe una ausencia de una Estrategia de arroz bajo en emisiones que tenga un enfoque de agricultura 4.0; en la cual se aprovechen los avances tecnológicos para transitar hacia esquemas de descarbonización. Esta estrategia podría ser asumida como agenda prioritaria de la Comisión de Alto nivel que se propone en el presente mecanismo con el fin de asegurar que una herramienta operativa como la NAMA cuenta con una sombrilla político-estratégica de más largo alcance, en la cual se pueden alinear no solo la NAMA sino también cualquier otro proyecto de cooperación y apalancamiento de recursos que se logre.

El contar con una estrategia de esta naturaleza reviste de importante interés con el fin de poder articular esfuerzos y alinear presupuestos, reconociendo que la estrategia debería sentar las bases de qué se quiere lograr mientras que la NAMA debería ser un vehículo que moviliza este cambio.

A nivel de políticas de gobierno, existe una sintonía respecto a la priorización de la actividad arrocera como una que debe ser descarbonizada debido a su contribución a las emisiones de GEI según el inventario nacional de emisiones. Esto se mantiene en otros diseños de política de alcance intermedio a través de los cuales se visualiza el diseño de la NAMA como una herramienta que permite transitar hacia la descarbonización, pero además coadyuva a dar una oportunidad al sector para diferenciación de productos.

Entrando a la esfera de las dinámicas relacionales, es importante recalcar que, a nivel del sector público se ha visualizado un importante avance hacia el trabajo de articulación interinstitucional y co-diseño de soluciones frente a problemas en los cuales se intersectan las carteras de economía, ambiente y agricultura. En este camino, la decisión del MAG de crear una oficina que trabaja temas de cambio climático ha sido un paso fundamental para poder tener un punto de diálogo y convergencia con el MEIC, a través de la DCC, lo cual permite sumar esfuerzos, hablar el mismo lenguaje y trabajar articuladamente. De repente, en esta dupla, sería valioso poder incorporar al MEIC de una manera más activa, con el fin de que la evidencia generada a través de los estudios económicos permita ofrecer insumos para la toma de decisión interinstitucionalmente.

Dentro del sector privado, CONARROZ es un importante núcleo articulador de productores y de agroindustria quienes de manera separada también encuentran sus espacios de asociación. Pareciera ser que los productores han encontrado espacios de representatividad que permiten canalizar demandas hacia las instancias deliberativas de la toma de decisión. Sería importante poder analizar el proceso actual interno de toma de decisión dentro de CONARROZ pues el presente estudio ha dado indicios que es necesario transitar hacia esquemas que reduzcan la politización de los espacios decisorios, se permita la alternancia en la representación y además se promuevan decisiones técnicas y estratégicas. Un estudio de esta naturaleza debería permitir el fortalecimiento de CONARROZ como la instancia articuladora del sector.

Pese a lo antes mencionado, en general los diversos estudios que sustentan la presente propuesta de mecanismo de gobernanza dejan ver que la agro-cadena presenta una articulación institucional importante. La única área de mejora que se logró visualizar en este tema es en relación con la alineación de la asistencia técnica, investigación y extensión. El estudio ha permitido percibir que muchas veces se generan acciones de trabajo en finca que no pasan por las necesidades de los productores sino por los intereses de investigación de las



instituciones. Esto conlleva a que el productor reciba diversas asistencias técnicas que deberían estar mucho más articuladas y dirigidas a los desafíos que los productores y la agroindustria perciban que existen.

Bajo el panorama antes descrito, con el fin de poder trabajar de manera integral en el marco de la NAMA arroz, se ve necesario el sumar esfuerzos en dos vías que responden a los dos desafíos estructurantes del proceso decisional: por una parte, el modernizar y fortalecer a CONARROZ como el ente articulador del proceso. Ello debería estar articulado con una alineación de la agenda de investigación, esfuerzo en el cual podría incluirse PITTA Arroz en el intento de fortalecerlo y aprovecharlo en el marco de la NAMA.

El segundo desafío estructurante radica en generar condiciones legales y normativas que, en el marco de la fijación de precios permitan una diferenciación de los productos generados bajo prácticas NAMA pero que al mismo tiempo no afecte a los productores y a la agroindustria nacional. Ya hay estudios previos del MEIC donde se ha propuesto la liberalización de este precio a productos generados de manera orgánica o libres de pesticidas, esta podría ser una puerta de oportunidad para que permita generar un incentivo desde la demanda para la adopción de tecnologías que permitan transitar hacia la descarbonización de la actividad productiva. Sin embargo, es fundamental poder analizar esta línea a la luz de los hallazgos del análisis socioeconómico y financiero que se genere, así como sobre la base de un estudio de mercado.

Finalmente, para la formalización de la NAMA arroz, se recomienda (como bien ha sido sugerido en la nota concepto) gestionarlo mediante un Decreto Ejecutivo que la declare de interés público de manera oficial. Esto permitirá la coordinación y apoyo para su implementación, así como la consecución de los fondos requeridos por el apoyo oficial que lo respalda.

8.2 Mecanismo de acompañamiento técnico

Para lograr que la NAMA Arroz contribuya en forma sustantiva a la transformación del sector es indispensable el acompañamiento técnico, el cual tiene que estar alineado con el fin de maximizar la tasa de adopción de tecnologías y prácticas que mitiguen emisiones, sin perder de vista la generación de co-beneficios en productividad, rentabilidad y resiliencia climática. Un buen acompañamiento técnico reduce significativamente el riesgo técnico de la producción, y por tanto incrementa la probabilidad del éxito económico (Davis, Babu, and Ragasa, 2020). Cuando este componente se alinea con los instrumentos financieros y mercadeo, se logra un efecto catalizador que mejora los esfuerzos de mitigación.

El Modelo de Asistencia Técnica de la NAMA se alinea al esquema que actualmente tiene CONARROZ. Este, a través de sus equipos regionales de extensión, tendrán el rol de implementar el modelo de asistencia técnica NAMA. Así, los gerentes regionales coordinarán con el comité técnico operacional de la NAMA con el fin habilitar los cambios necesarios para el éxito de la NAMA. La siguiente figura muestra la forma en que actualmente está estructurada la Asistencia Técnica de CONARROZ y las posibles oportunidades de alineación con la NAMA.

Figura 15. Modalidad de asistencia técnica de CONARROZ y oportunidades de mejora para la NAMA Arroz.




Nota: Cuadros en azul representa el programa actual de extensión de CONARROZ; en verde las áreas a mejorar para implementar la NAMA.

Fuente: Construido por la presente consultoría con apoyo de los técnicos de CONARROZ.

Para alinear la NAMA Arroz a los esquemas de extensiones actuales de CONARROZ, se sugieren los siguientes cambios:

- **Asistencia técnica directa:** Se sugiere que el programa de visita de los técnicos cubra en más detalle las actividades y procesos que generan emisiones, según se indica la sección 9.1. Esto con el fin de lograr identificar las oportunidades de mejora en función de emisiones y costos. Por ejemplo, como fueron los programas de enmiendas ante de la siembra; inundación antes y durante el ciclo de producción; maquinarias y uso de combustibles durante la preparación de suelo; programas de riego y drenajes; programa de fertilización nitrogenada; combustible usado en las aplicaciones, cosecha y transporte; entre otras. En función de este monitoreo y diagnóstico, el técnico debería estar en la capacidad técnica emitir recomendaciones priorizando aquellas que generan eficiencias en costos y mitigación. De igual manera, variables relacionadas a emisiones y mitigación, se deben capturar en los softwares de CONARROZ con el fin de monitorear el progreso de la mitigación de GEI.
- **Charlas y congresos:** Adicional a los temas de interés de los productores, CONARROZ debería programar charlas y congresos con temas relacionados a la NAMA. Esto implica buscar otros expertos del INTA, MAG, UCR y otras universidades/instituciones que puedan cubrir las temáticas de la NAMA arroz. De igual manera, los técnicos podrían ser entrenados para ofrecer charlas NAMA recurrentes. Los congresos que organiza CONARROZ representan una oportunidad única para diseminar los resultados de las medidas de mitigación y otros aspectos habilitadores de la NAMA que mejoren la competitividad del sector mientras se reducen las emisiones.

- 
- **Escuela Nacional de Arroz:** Para efecto de la NAMA arroz se sugiere mejorar la maya curricular de este programa de capacitación. Esto implica contar con expertos del INTA, MAG, universidades que puedan cubrir los nuevos temas. Los temas sugeridos para la NAMA incluyen²⁴:
 - Introducción a los conceptos de cambio climático, emisiones de GEI que genera el cultivo de arroz, ciclo de carbono, entre otros. Es importante, que el contenido sea con ejercicios prácticos y sencillos para que cada productor identifique las emisiones que produce su propia finca. Dada la complejidad de estos temas se pueden usar métodos dinámicos de enseñanza para adulto, donde: **a)** Se introduce el tema a través de preguntas alineadas a su experiencia (p.ej., ¿cómo era antes el clima en su zona y cómo es ahora?); **b)** Con juegos y dinámicas para introducir conceptos como el ciclo del carbono; **c)** Aplicar ejercicios prácticos para que identifiquen en sus fincas las actividades o procesos que están catalogadas como emisoras de GEI; **d)** Aplicar ejercicios prácticos donde el productor proponga actividades a modificar o sustituir para reducir emisiones.
 - Ventajas competitivas de implementar prácticas menos intensivas en carbono.
 - Riego intermitente (AWD) vs riego tradicional.
 - Manejo integrado de fertilización que reduzcan emisiones.
 - Variedades óptimas para cada región productiva y sistemas de producción.
 - Uso de bitácoras para controlar sus costos de producción y plan de producción.
 - Manejo integrado de plagas y malezas para reducir aplicaciones y uso de agroquímicos.
 - Fumigar con drones en vez de usar tractores con Spray boom.
 - Procesos de certificación de arroz sostenible o bajo en carbono.
 - Vulnerabilidad climática (lluvias y temperatura).
 - **Días de campo en fincas demostrativas:** Este es el medio más idóneo para lograr demostrar la viabilidad técnica y financiera de las medidas priorizadas para la NAMA arroz y otras medidas complementarias.
 - **Evaluación del avance en la adopción y capacitaciones:** A través de la asistencia técnica directa se medirá el avance en la adopción de las medidas NAMA. Así, los técnicos registrarán las medidas NAMA adoptadas por los productores NAMA. También se capturarán variables de mitigación relevantes para medir las mitigaciones (Ver sección 9.1). Para fines de evaluar el progreso de las capacitaciones NAMA, se recomienda a CONARROZ llevar un registro de los productores y técnicos que reciben formación NAMA. Para remover la barreras conocimiento sobre el modelo de producción NAMA y escalar la adopción de medidas NAMA se recomienda usar fincas demostrativas (finca de productores o CONARROZ) donde se realicen días de campo con productores fuera de la NAMA para demostrar la viabilidad técnica y financiera de las medidas NAMA. Las conferencias anuales realizada por CONARROZ es otro medio para remover la barrera de conocimiento sobre las medidas NAMA.

²⁴ Elementos adoptados de la NAMA arroz de Panamá y su programa de Escuelas de Campo para la producción de arroz seco/riego adaptado al clima (IICA, 2020). También se incluyeron elementos del estándar de arroz sostenible desarrollado por la plataforma de arroz sostenible (Sustainable Rice Platform, 2020). Estos temas son tentativos, y deben ser evaluado por el comité técnico de la NAMA durante el plan piloto.



- **Instrumentos de difusión de información:** Los técnicos de CONARROZ desarrollan guías, manuales, presentación, infografía, y publicaciones en Facebook y WhatsApp. También se generan publicaciones técnicas y científica, especialmente por universidades. La generación de instrumentos de difusión que realiza CONARROZ actualmente, también deben adecuarse para los temas NAMA, pero esto depende del módulo de investigación, el cual se cubre en la siguiente sección, y el MRV. Los técnicos de CONARROZ actualmente realizan reportes por cada ciclo de producción con la información recopilada durante el periodo. Estos reportes deberían agregar información pertinente a la NAMA arroz, las medidas de mitigación adoptadas, así como la huella de carbono del arroz producido (más detalle en el documento del MRV).

Para aumentar la cantidad de productores implementando medidas NAMA, la difusión de información debe ser complementada con incentivos de mercado y financieros, los cuales se detallan en las siguientes secciones.

Retos del mecanismo de acompañamiento técnico:

A continuación, se detallan los retos y necesidades a solventar para que el acompañamiento técnico de la NAMA Arroz sea efectivo.

- El concepto de producción bajo en carbono es aún incipiente en el país. Los programas de extensión aún se enfocan en mejorar la producción de manera tradicional, sin el enfoque de reducir emisiones. Sin embargo, CONARROZ ha realizado experimentos en algunas fincas sobre la producción sostenible, lo cual es un punto de partida.
- Los técnicos de CONARROZ no están formados en tecnologías bajas en carbono y menos en los enfoques NAMA, lo cual limitaría la transferencia. Sin embargo, estos están bien capacitados en la producción de arroz, lo cual reduce los esfuerzos de entrenamientos durante el plan piloto.
- A nivel de transferencia, algunos productores no adoptan las recomendaciones de los técnicos de CONARROZ, especialmente aquellos de edad avanzada, por resistencia al cambio y falta de incentivos económicos. Por tanto, la transferencia de innovaciones bajas en carbono no será suficientes por si sola. Esta debe ser acompañada con fincas demostrativas o pilotos, actividades de socialización en estas fincas, y esquemas de incentivos.
- A nivel del productor, aún existen brechas de conocimiento²⁵ en:
 - 1) Manejo eficiente del agua, ya que el productor no paga por volumen²⁶ y no racionaliza el agua. En seco, las deficiencias en el aprovechamiento de agua provienen de suelos mal nivelados que no utilizan taipas.
 - 2) Manejo eficiente de la fertilización, principalmente en seco.

²⁵Comunicación personal con técnico de CONARROZ, diciembre 2021. Técnicos: Randall Chavarria, Angélica Villegas, Oswaldo Ledesma, Berther Martinez.

²⁶ Según técnicos de CONARROZ, existen iniciativas para que el productor pague agua en función del volumen usado, lo cual ayudará que el productor racionalice el agua. A mayor racionalización, menor tiempo el arroz estaría en anegamiento y por tanto menor emisiones de metano.



- 3) Sobredosificación de agroquímicos²⁷, especialmente herbicidas.
 - 4) Manejo integrado de plagas²⁸ y su relación con la nutrición de la planta.
 - 5) Rotación de cultivo, principalmente con abono verdes²⁹.
 - 6) Uso de insumos biológicos³⁰ o amigables con el ambiente.
 - 7) Uso de variedades óptimas para la región.
 - 8) Los productores y técnicos de arroz anegado tienen poco conocimiento sobre cómo aplicar riego intermitente (AWD) para minimizar las emisiones de metano.
 - 9) Uso de alertas tempranas para ajustar la época de siembra³¹ y optimizar aplicaciones de productos contra enfermedades y poblaciones de plagas que explotan bajo ciertas condiciones climáticas³².
 - 10) Preparación de terreno para optimizar el manejo del agua (i.e., taipas)³³.
 - 11) Técnicas para minimizar la labranza.
- A nivel nacional, los productores en secano, los cuales representan más del 50% de la producción nacional, están buscando estrategias para implementar riego complementario a través de diferentes fuentes de agua. A medida que estos productores pasen de secano a sistemas con riego complementario o inundación, las emisiones incrementarán. Por tanto, es importante acompañar estos procesos de transición hacia esquemas donde se maneje el agua con el menor impacto posible en emisiones (i.e., riego intermitente o AWD).

8.3 Mecanismo de Innovación y Desarrollo

La NAMA puede jugar un papel importante para mejorar los programas de investigación, innovación y desarrollo (II+D) con miras a incrementar la competitividad del sector arrocero mientras se reducen las emisiones de GEI. Así, esta sección parte de un diagnóstico del estado de los programas de II+D en el sector arrocero, cubriendo el mapeo de instituciones, las líneas de investigación y los medios de investigación y desarrollo. Al final se propone un Mecanismo de II+D para la NAMA, el cual sincroniza las capacidades actuales en materia de II+D con las necesidades de investigación para la NAMA Arroz (Ver siguiente figura).

²⁷ Muchos productores usan las dosis recomendadas de pesticidas, pero existe oportunidad para reducir agroquímicos (comunicación personal con técnico de CONARROZ).

²⁸ Los técnicos de CONARROZ han implementado MIP para algunas plagas, pero aún no se ha desarrollado un MIP general (comunicación personal con técnico de CONARROZ).

²⁹ Actualmente se están realizando algunos experimentos en el país por CONARROZ (comunicación personal con técnico de CONARROZ).

³⁰ En algunas regiones del país se están realizando pequeños pilotos (comunicación personal con técnico de CONARROZ).

³¹ Si es año niño y niña, las fechas de siembras tienen que ajustarse (comunicación personal con técnico de CONARROZ).

³² Alta humedad relativa y/o altas temperaturas nocturnas (comunicación personal con técnico de CONARROZ).

³³ Existe conocimiento de cómo hacer una buena preparación de suelo, pero por razones económicas (inversión) es obviado. CONARROZ aún se sigue promocionando el uso de taipas a nivel nacional (comunicación personal con técnico de CONARROZ).

Figura 16. Modalidad de II+D actual en el sector arrocero y oportunidades de mejora para la NAMA.



Nota: Cuadros en azul representa el estado actual del II+D en el sector arrocero; en verde las áreas a mejorar para implementar la NAMA.

Fuente: Construido por la presente consultoría con apoyo de los técnicos de CONARROZ.

En general, los programas de II+D en el sector arrocero deben ser alineados para la NAMA. Se propone que el comité técnico de la NAMA a través de la mesa de investigación defina la agenda de investigación a nivel del productor, la industria, el sector, y los temas de mitigación de GEI. Así, CONARROZ, por su cercanía con los productores e industria, lidera, coordina, prioriza, y apoya la ejecución de II+D en beneficio del sector y la NAMA. Para ello, CONARROZ trabajará en estrecha coordinación con la mesa de investigación conformada por productores, industriales y especialistas del INTA-MAG, universidades y centro de investigación. También se recomienda que CONARROZ genere espacios y reuniones regulares para mejorar los esfuerzos de coordinación, no se dupliquen esfuerzos, y sobre todo que se generen sinergias. De esta manera se asegura que los estudios sean prácticos y de utilidad para el sector arrocero bajo el enfoque NAMA.


Para el plan piloto de la NAMA se estiman costos adicionales³⁴ en II+D de USD 267.731. Incluyendo los escalamientos de la NAMA durante 2023-2030, los costos adicionales ascienden a USD 2,68 millones (ver sección 9). Considerando las limitaciones presupuestarias, es necesario que CONARROZ en coordinación con el comité técnico de la NAMA, y con el apoyo del INTA, universidades y centros de investigación busquen recursos de apalancamiento nacionales e internacionales con el fin de incrementar los programas de II+D, y así generar la evidencia científica y técnica que requiere la NAMA.

A continuación, se listan las necesidades de II+D que habilitarán el progreso de la NAMA:

A nivel de productor:

- Probar y validar en campo el desempeño de las medidas propuestas por la NAMA arroz.

³⁴ Significa adicionales al presupuesto de CONARROZ. Actualmente, CONARROZ asigna un presupuesto anual de USD 1.053.146 a la Dirección de Investigación de CONARROZ (40% de su presupuesto anual de CONARROZ)

- 
- Evaluar el desempeño de las variedades actuales y nuevas para cada regional y sistema de producción, con fin de optimizar uso de variedades por zona. Por ejemplo, validar la variedad "CONARROZ 3."
 - Desarrollo de nuevas variedades priorizando productividad, rendimiento de grano enteros en el pilado, ciclos cortos y resiliencia climática.
 - Determinar los programas de riego óptimos para reducir consumo de agua y reducir emisiones sin comprometer la productividad (i.e., AWD por sus siglas en inglés).
 - Investigación sobre las emisiones que generan los sistemas de riego actuales y el propuesto por la NAMA, con fin de ajustar los factores de emisión de metano a las condiciones locales.
 - Estudiar estrategias para optimizar los programas de fertilización con miras a reducir emisiones de N₂O.
 - Desarrollar herramientas digitales para calcular las emisiones y mitigaciones a partir de los datos que recolecta CONARROZ, con el fin de retroalimentar al productor con indicadores de eficiencia tal como emisiones de GEI/Kg Arroz.
 - Evaluar cómo migrar de secano a riego sin incrementar las emisiones de manera significativa.
 - Estudiar de manera rigurosa la disposición de los productores para adoptar las medidas NAMA.
 - Desarrollar un estándar de certificación para diferenciar la producción NAMA de la producción tradicional.
 - Desarrollar herramientas digitales para calcular las emisiones y mitigaciones a partir de los datos que recolecta CONARROZ, y que ese pueda ser usado para el plan Piloto de la NAMA.
 - Evaluar en general los factores de emisión para la NAMA Arroz para pasar de factores del IPPC a factores de emisiones nacionales y regionales.

A nivel de industria:

- Estudios que permitan cuantificar emisiones a nivel industrial y la intensidad de carbono de 1kg de arroz. Esta información ayudaría en la toma de decisiones para campaña de comercialización de arroz NAMA. En algunas industrias la acometida eléctrica es muy deficiente y trabajan con hornos de queroseno y diésel. Otras industrias han cambiado dichos hornos por paja de arroz.
- Estudios para entender cómo mejorar los programas de trazabilidad. Esto es importante ya que un arroz certificado bajo en carbono en el punto de venta final debería poder identificarse en su origen (i.e., productor) con el número de trazabilidad.
- Estudios para determinar la demanda potencial de arroz bajo en carbono o sostenible.
- Estudios que permitan entender la disposición a pagar del consumidor por un arroz NAMA.
- Evaluar las variedades que generan los mayores rendimientos de grano entero en las arroceras. Este rendimiento depende en gran medida de la variedad cultivada por el productor, las cuales no siempre coinciden con las preferidas por el productor.

A nivel de sector:

- Se requiere estudios científicos para determinar el impacto del DR-CAFTA en el corto, mediano y largo plazo. El éxito de la NAMA arroz dependerá de la resiliencia que tenga el sector ante la desgravación arancelaria, la cual finaliza en el 2025.

- Se requieren estudios que permitan comparar la huella de carbono entre el arroz nacional y el importado. Esto con fin de entender si la sustitución del arroz local es sustituida por arroz con una mayor intensidad de carbono.

8.4 Mecanismo de Mercadeo y Comercialización

El proceso de transformación de la agrocadena arrocerá debe estar alineado con un mecanismo de mercadeo y comercialización que incentive al consumidor a sustituir el arroz tradicional por arroz NAMA. De esta manera los esfuerzos de descarbonización en la cadena productiva encontrarán mercados dispuestos a sustituir o pagar un *Premium* por un producto bajo en emisiones, alineando así el consumo con un modelo económico más sostenible. Este mecanismo tiene como propósito lograr una diferenciación absoluta del arroz NAMA, que fomente la sustitución del arroz tradicional por un arroz con menor huella de carbono. Existen muchas experiencias exitosas que pueden ser alineadas para la NAMA, pero también retos que deben ser solucionados con instrumentos de mercadeo y diferenciación.

En la Figura 17 se propone que el Comité Técnico de la NAMA, conjunto con la industria y el MEIC definen la estrategia de diferenciación y mercadeo del arroz NAMA. Así, CONARROZ, por su cercanía con la industria, lidera y ejecuta el mecanismo de Mercadeo y Comercialización. Tomando en cuenta los casos exitosos de diferenciación, se propone en este mecanismo 1) empujar los esfuerzos actuales de CONARROZ sobre certificaciones y etiquetados ambientales; 2) Diferenciar en precio el arroz NAMA; 3) Realizar campañas de sensibilización y promoción del arroz NAMA; 4) Estudiar la demanda para afinar la campaña de sensibilización y diferenciación en precio. Así, la presencia de productos con etiqueta ambientales y campañas nacionales de sensibilización, permitirá al consumidor tomar decisiones informadas e identificar el arroz bajo en emisiones en los anaqueles de supermercados. La diferenciación en precios es muy importante para motivar al productor y el industrial a suplir arroz bajo en carbono.

Figura 17. Propuesta del mecanismo de mercadeo y comercialización para la NAMA Arroz.






Nota: Cuadros en azul representa los esfuerzos actuales de diferenciación en el sector arrocero; en verde las áreas a mejorar para implementar este mecanismo dentro de la NAMA arroz.

Fuente: Construido por autores con apoyo de los técnicos de CONARROZ.

Para que este mecanismo sea efectivo se deben ejecutar las siguientes acciones:

- Realizar un estudio de mercado para segmentar los consumidores de arroz.
- Realizar campañas de educación al consumidor final para incentivarlo a sustituir el arroz tradicional por arroz NAMA.
- Investigar la disposición del consumidor a pagar por un arroz bajo en emisiones (en conjunto con el M. de I+D).
- Sugerir (por parte de CONARROZ) un precio Premium al arroz NAMA a nivel del consumidor y a nivel del productor. Un diferencial en precio incentivaría al productor a producir bajo los esquemas NAMA. Si el margen es lo suficiente atractivo para industria arrocera,³⁵ este estaría incentivado a innovar en los procesos y empaques, desplegando así compañías de mercadeo creativas que logren acelerar la transición del consumo a un arroz con baja intensidad de carbono.
- Estimar la demanda potencial del arroz NAMA. Esto es importante realizarlo durante la fase de piloto porque existe un riesgo de que el arroz NAMA bajo en emisiones sea un producto de nicho de mercado (en conjunto con el Mecanismo de II+D).
- Crear y/o adaptar esquemas de diferenciación y estandarización para el arroz NAMA bajo en carbono. Se podría partir de las experiencias de la Plataforma de Arroz Sostenible o finalizar las iniciativas de certificación que tiene CONARROZ.
- En el caso de certificaciones para un arroz NAMA se debe definir el estándar y los medios de verificación. Para el caso de los etiquetados ambientales, el NAMA Arroz debe coordinar con otros NAMAs en el país ya que existen esfuerzo de institucionalizar este tipo de instrumento, avalado por los estándares internacionales de análisis de ciclo de vida.
- El plan piloto de la NAMA deberá realizar estudios para comparar la huella de carbono del arroz NAMA contra el arroz importado y/o tradicional.
- A través de los resultados generados por el mecanismo MRV, informar al productor sobre la intensidad de carbono del arroz que está sacando de sus fincas. También, se podría informar al productor cuántos árboles en crecimiento son necesarios para compensar las emisiones de una hectárea. Esta información podría incentivar a los productores a mejorar sus esquemas de producción para reducir emisiones, y aplicar a los instrumentos como certificaciones y diferenciales en precio.
- Apoyar a industria a calcular la intensidad de carbono que tiene el arroz procesado, puesto en anaquel. De esta manera, estos pueden modificar sus operaciones para reducir emisiones y mejorar eficiencias energéticas.

³⁵ El problema actual que ven algunos productores es que no hay un premium de arroz diferenciado como "Carbono Neutral". Aún el estado no ha creado un precio diferenciado para ese tipo de arroz, los industriales tienen poco incentivo de hacer los cambios y pagarle un Premium al productor también por un arroz carbono neutralidad."

- 
- Generación de estudios que cuantifiquen el impacto potencial del tratado CAFTA-RD en la sostenibilidad de la industria arrocera. ¿Cuál ha sido la tasa de sustitución histórica del arroz local por la importado? ¿Bajo las nuevas condiciones impuestas por el CAFTA-RD como se proyecta la tasa de sustitución?
 - Estudios para comparar la huella de carbono del arroz NAMA contra el arroz importado. Si la intensidad de carbono del arroz importado sea superior que el arroz NAMA ¿Cuál será la política nacional respecto al arroz importado?
 - Para la NAMA Arroz se recomienda a las agroindustrias seguir las recomendaciones del gobierno de diferenciación y valor agregado, es posible que sigan subiendo las exportaciones. Ejemplos: 1) Harina de arroz, 2) Arroz verde o carbono neutral.

Diferenciación con etiquetado: Dado a que CONARROZ está realizando esfuerzo para diferenciar el arroz producido sosteniblemente del arroz tradicional, se presentan varias alternativas de las cuales el comité técnico puede optar:


- **Acreditar los procesos de gestión de una finca o industria³⁶** como carbono neutral. Para este proceso se requiere que organismos de verificación acreditados por la ECA certifiquen los procesos de gestión, acreditando el proceso como carbono neutral. Este tipo de certificación se basa en la norma "INTE B5:2016" para demostrar la Carbono Neutralidad. Así una finca o industria puede lograr su certificación.
- **Acreditación como finca sostenible.** Para este proceso de diferenciación, CONARROZ podría adaptar el estándar y la norma SRP (Sustainable Rice Platform, 2020) a las condiciones del país con el fin de homogenizar el significado de qué es una finca sostenible. Para este proceso de acreditación, los técnicos de CONARROZ podrían aplicar el estándar / check list de la Norma SRP, para luego calcular el nivel de sostenibilidad de la finca.
- **Etiquetado ambiental de arroz.** Si CONARROZ aplica este mecanismo, facilitaría la comercialización del arroz NAMA bajo en carbono, mientras se logra una diferenciación efectiva contra el arroz producido de manera tradicional. **Si se opta por el etiquetado ambiental tipo I**, la etiqueta simplemente distinguiría el arroz sostenible del tradicional. La verificación y validación se realiza por una OV/V, el cual se basa en la Norma INTE B8:2017³⁷ (ISO 14024), evaluando varios criterios de ciclo de vida. **Si se opta por el etiquetado ambiental tipo III**, la etiqueta lograría una diferenciación al indicar el valor de la huella de carbono comparado con el arroz tradicional. Para este etiquetado la OV/V evalúa el cumplimiento de la norma INTE B12:2017 (ISO 14025)³⁸, asegurando que el procedimiento usado para calcular la huella de carbono sigue la norma 14040 sobre el Ciclo de Vida de un producto. Para ambos casos se deben crear los procedimiento y protocolos para calcular las emisiones por unidad de producto.
- **Etiquetado del Programa País de Carbono Neutralidad (Categoría de Producto³⁹).** Este mecanismo tiene como objetivo general brindar un mecanismo oficial, avalado por el gobierno de Costa Rica, para reconocer la adecuada gestión de emisiones en productos, por medio de una declaración ambiental de producto confiable y bajo un enfoque de ciclo de vida. Este mecanismo potencializa la acción climática

³⁶ En el país aún no se ha liberado la norma para el carbono neutralidad para productos de consumo.

³⁷ https://www.inteco.org/en_US/shop/inte-b8-2017-requisitos-generales-del-programa-nacional-de-etiquetado-ambiental-tipo-i-956#attr=

³⁸ https://www.inteco.org/en_US/shop/inte-b12-2017-etiquetado-ambiental-tipo-iii-requisitos-generales-del-programa-nacional-de-etiquetado-ambiental-tipo-iii-1169#attr=

³⁹ <https://cambioclimatico.go.cr/programa-pais-carbono-neutralidad/categoria-productos/>



a través de la medición de la huella de carbono, la reducción, y compensación del GEI bajo un enfoque de ciclo de vida del producto. Para encaminar el proceso, CONARROZ debería primero calcular la huella de carbono del producto, incluyendo la adquisición de materia prima, producción, transporte, procesamiento, distribución, hasta el consumo final.

8.5 Mecanismo Financiero

El financiamiento de la NAMA es esencial para lograr transformar el sector arrocero en Costa Rica con miras a reducir emisiones, incrementar productividad, rentabilidad y mejorar la resiliencia climática. Estos fondos pueden venir de fuentes privadas, públicas o internacionales. Los Mecanismos e instrumentos financieros son variados. Meirovich, Peters, Rios (2013) y Lütken (2014) ofrecen una lista exhaustiva de instrumentos, incluyendo bonos, préstamos preferenciales, subvenciones, instrumentos de transferencias de riegos, fondos climáticos, eliminación de subsidios, aranceles, pagos por resultados, canjes de deuda bilaterales, entre otros.

Los instrumentos financieros adecuados para esta NAMA Arroz dependen del contexto económico del país y la situación de la agro-cadena. No hay una receta óptima para el financiamiento climático, por lo que resulta fundamental evaluar detenidamente qué tipo de instrumento existen en el país que sean convenientes, generen incentivos y se puedan alinear con la NAMA. El diseño o ajustes de los mecanismos e instrumentos de financiamiento climático resulta una opción idónea para generar la suficiencia de incentivos y alineación sectorial. Costa Rica ha avanzado significativamente en material de financiamiento climático, por tanto, la NAMA arroz toma en cuenta estas experiencias. Por ejemplo, la NAMA Arroz puede aprovechar la experiencia del Sistema de Banca para el Desarrollo (SBD), especialmente la iniciativa entre SBD y CONARROZ para colocar fondos al sector arrocero.

La presente sección tiene como objetivo determinar las necesidades de financiamientos, las fuentes, y los mecanismos de financiamiento para la ejecución de la NAMA.

8.5.1 Fuentes de financiamiento potenciales para la NAMA

La NAMA arroz requiere gestionar recursos para financiar dos dimensiones esenciales, las cuales permitirán realizar la transición hacia un modelo de producción, industrialización y comercialización bajo en carbono. **La primera dimensión** es el financiamiento del modelo de producción bajo en carbono. **La segunda dimensión** corresponde al financiamiento de las acciones habilitadoras de la NAMA.

8.5.1.1 Fuentes de financiamiento para el modelo de producción bajo en carbono

Para movilizar recursos hacia la producción baja en carbono se espera que los productores aporten un 20%, las arroceras un 5%, las casas comerciales un 25%, y que el resto (50%) se financie a través de CONARROZ y el SBD. Los aportes esperados pueden cambiar en función de las condiciones del mercado y las condiciones habilitadoras de la NAMA. Actualmente, según datos de CONARROZ (2020b) los productores están financiando con capital propio o préstamos informales el 66% de la producción. Las casas comerciales financian el 27%, seguido por las arroceras (5,3%) y la banca (0,5%).

Dado a las condiciones habilitadas con los mecanismos operativos, se espera que la **principal fuente de financiamiento bancaria sea a través del Sistema de Banca Para el Desarrollo (SBD)**. Recientemente esta



institución acreditó a CONARROZ⁴⁰ para canalizar créditos a los productores⁴¹, con lo cual se podría apalancar la NAMA arroz. Cabe destacar que ya el SBD tiene proyectos específicos para la NAMA ganadería y café por medio de CORFOGA e ICAFE, respectivamente, lo cual sienta un precedente para esta NAMA.

La industria, especialmente las asociaciones de productores proveen a sus socios con insumos a crédito y financian parcialmente las labores mecanizadas. Tradicionalmente, las arroceras proveen la semilla al productor y se la cobran al final de la cosecha. Según los productores entrevistados, el financiamiento proveniente de las arroceras en general ha declinado en los últimos años. Tradicionalmente estas instituciones financiaban los insumos y labores mecanizadas con el fin de garantizar su suministro de arroz, pero a medida que ha incrementado el contingente de importación bajo el DR-CAFTA se ha reducido el financiamiento. Por tanto, es imperativo que el NAMA arroz identifique otros esquemas de financiamiento que incentiven el financiamiento al productor para que este adopte el modelo de producción NAMA.

Las casas comerciales despachan insumos como fertilizantes, plaguicidas y otros insumos a crédito. Estos reciben sus pagos correspondientes al final de la cosecha. Algunas casas comerciales realizan triangulación con algunas arroceras, donde estas fungen como el recaudador del pago. Estas ofrecen crédito a los productores que conocen y tradicionalmente le han quedado bien con el pago.

La banca, actualmente, tiene una participación relativamente baja en el sector. Durante el periodo 2019/2020, este sector financió solo 0.5% del área en producción (161 ha en riego), aproximadamente USD 369,350. Sin embargo, es una fuente importante de financiamiento para el sector arrocero, ya que cuando los productores cuentan con financiamiento apropiado logran optimizar mejor el manejo y uso de insumos para garantizar la producción. Este sector es ideal para financiar activos, pero poco productores están realizando inversiones de largo plazo por la incertidumbre con el DR-CAFTA. Actualmente, el financiamiento de capital de trabajo está disponible en la banca a tasas de interés no diferenciadas o preferenciales, donde se le solicita al cliente buen historial crediticio y garantías hipotecarias, las cuales en ocasiones no son suficientes para acceder al crédito. Entre los proveedores de crédito principales se destacan:

- El Banco Nacional de Costa Rica (BNCR): Es el banco que más apoya el sector arrocero. Actualmente, están dando crédito a los productores arroceros que tienen otras actividades económicas (p.ej., ganadería, producción de melón-sandía, etc.) con el fin de reducir la probabilidad incumplimiento en las obligaciones del préstamo por problemas técnico.
- Banco de Costa Rica (BCR).
- Banco San José (BAC).
- Banco BCT, quien también tiene líneas de crédito para la industria.

⁴⁰ La principal barrera para movilizar recursos del SBD a través de CONARROZ es la inexperiencia de CONARROZ en el sector financiero. Por tanto, durante el Plan Piloto es imperativo asignar recursos y tiempo para mejorar las capacidades de ejecución de CONARROZ en materia de financiamiento.

⁴¹ El SBD establece un límite de crédito para cada empresa o persona de USD 553.797, lo cual podría financiar todo el capital de trabajo anual para una finca arrocera de 270 ha, donde el productor promedio tiene 66 ha. De igual manera, el monto máximo a avalar con garantías recíprocas es hasta USD 102.848 (FONADE).



El Sistema de Banca para el Desarrollo (SBD)⁴² hace 3-4 años tenía un programa especializado para financiar el sector arrocero, el cual fue descontinuado ya que muchos productores no pudieron cumplir con las obligaciones financieras por los efectos adversos del clima. A través del Fondo Nacional para el Desarrollo (FONADE), el SBD asignó un fondo al BCR con el fin de financiar la producción a tasas preferenciales, incluyendo el instrumento de garantías recíprocas. Adicionalmente, también el SBD habitó líneas de créditos adicionales donde el BNCR, BCT, el BAC otorgaban crédito a los productores. También estas líneas de crédito sufrieron altas tasas de incumplimiento por los efectos negativos del cambio climático. Bajo este mecanismo, el banco solicitaba los siguientes requisitos:

- Certificación del volumen de producción en los último 3 años, con el cual el banco evaluaba el ingreso histórico por la venta de arroz, y comparaba su productividad con la nacional. Este certificado lo emitía CONARROZ.
- Contrato de compra de cosecha con la industria.
- Si el productor alquila la tierra, se solicitaba constancia de alquiler.
- Seguro del INS (póliza de cosecha).
- En el caso del BCR, bajo el programa de FONADE, solicitaba el acompañamiento técnico como requisito. Los desembolsos se ejecutaban por etapas, en función de la evaluación de un técnico.

Otra potencial fuente de financiamiento son los organismos multi y bilaterales de financiamiento como, por ejemplo, el BID, BCIE, Banco Mundial, CAF, AFD, KfW, entre otros, que tiene préstamos reembolsables para inversiones en mejoras tecnológicas que permitan avanzar hacia una agricultura climáticamente inteligente.

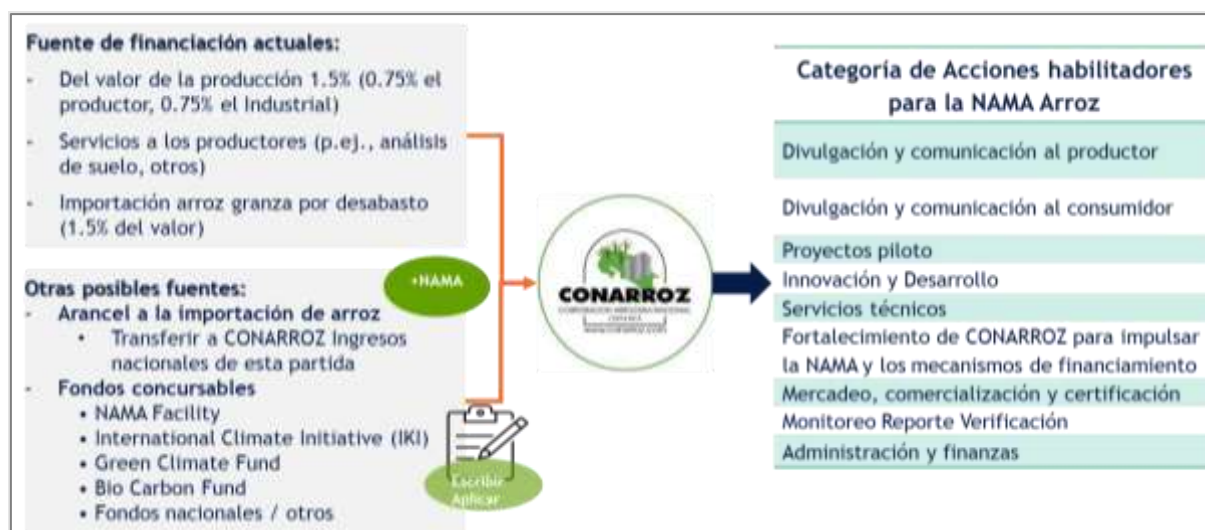
8.5.1.2 Fuentes de financiamiento para las acciones habilitadores

Como se visualiza en la siguiente gráfica las fuentes para financiar las acciones habilitadoras NAMA provendrían de dos rutas:

- 1) Las fuentes actuales que tiene CONARROZ. Las cuales consisten en los ingresos que obtiene CONARROZ por el valor de la producción puesto en la industria (1.5% del valor), los servicios que ofrece a los productores y el sector, y los ingresos por importación del arroz granza por desabasto (1.5% del valor).
- 2) Otras fuentes, los cuales podrían ser habilitados por la NAMA durante el plan piloto. Por ejemplo, Aranceles a la importación y fondos concursables (Ver Figura 18).

⁴² La ley SBD - Ley No. 9274 es un mecanismo orientado a financiar e impulsar proyectos viables y factibles de las micro, pequeñas y medianas empresas. Básicamente, el SBD canaliza los recursos a través de operadores financieros acreditados. Además, posee fondos para proyectos verdes, de reducción de huella de carbono y producción más limpia. Este sistema cuenta con tres fuentes de financiamiento: 1) El Fondo Nacional para el Desarrollo (FONADE), cuyos fondos provienen de presupuestos públicos y otros fideicomisos; 2) El Fondo de Crédito para el Desarrollo (FCD) que se compone del dinero proveniente del 17% de las captaciones a la vista que realizan los bancos privados; 3) El Fondo de Financiamiento para el Desarrollo (FOFIDE), compuesto por el 5% de las utilidades netas anuales de los bancos estatales y que son administrados por cada Banco.

Figura 18. Fuentes de financiamos para las acciones habilitadores de la NAMA.



Nota: Las categorías de acciones habilitadoras para la NAMA Arroz se explican en detalle la sección 9.3.

Fuente: La presente investigación.

De los aranceles a la importación de arroz, existe posibilidad de dirigir recursos para la NAMA. Los Ministerios (MAG, MEIC) y CONARROZ han mencionado la posibilidad de generar un subsidio dirigido a productores a partir de los aranceles. Esta política debe definirse conjuntamente entre CONARROZ, el MEIC, MAG, COMEX y el Ministerio de Hacienda.

Fondos concursables requiere que CONARROZ solicite apoyo de MAG, MINAE, e instituciones con experiencias escribiendo y ejecutando proyectos financiado por fondos presentado en la **Figura 18**. Entre los principales fondos concursable al cual CONARROZ podría aplicar se encuentran:

NAMA Facility. El NAMA Facility es el fondo que por naturaleza financia los Proyectos de Apoyo a la NAMA (NSP, por sus siglas en inglés). En el país ya existe experiencias implementado proyectos, ya que a partir de este de implementó el proyecto de apoyo a la NAMA Café a través del ICAFE.

International Climate Initiative (IKI). Este fondo de la cooperación alemán, a través del BMUB, ha estado financiando proyectos climáticos y de biodiversidad. Esta iniciativa tiene disponible aproximadamente 120 millones de euros para ejecutar proyectos a nivel mundial. La Iniciativa pone un claro énfasis en la mitigación del cambio climático, la adaptación a los impactos del cambio climático y la protección de la diversidad biológica. También se consideran varios beneficios colaterales, particularmente la mejora de las condiciones de vida del sector/país a intervenir. Actualmente existen proyectos que se están ejecutando en el país (p.ej., IKI-TRANSFORMA para el sector Ganadero, Café, y Banano).

Green Climate Fund. Es el fondo climático más grande del mundo, con el mandato de ayudar a los países en desarrollo a recaudar y cumplir sus ambiciones de contribuciones determinadas a nivel nacional (NDC) hacia caminos de bajas emisiones y resiliencia climática. Este fondo ha sido aprovechado por el MINAE para diferentes proyectos de cambio climático. Este fondo financió específicamente la NAMA Ganadería y algunos componentes del tren eléctrico. Para aplicar a estos fondos, CONARROZ debería solicitar el apoyo del MINAE, el MAG e instituciones con experiencia escribiendo y ejecutando este tipo de iniciativas.

Bio Carbon Fund. Esta Iniciativa colabora con países de todo el mundo para reducir las emisiones del sector terrestre a través de una planificación, políticas y prácticas de uso de la tierra más inteligentes. Cuenta con un esquema de pagos basado en resultados dando incentivos para su cumplimiento, sobre todo en temas de



reforestación y remociones de carbono. Además, tienen fondos para reducción de emisiones, MRVs, asesoría, entre otros. Dado a que las fincas arroceras tienen parches donde se puede mejorar la cobertura arbórea, este fondo consiste en una oportunidad adicional para buscar financiamiento.

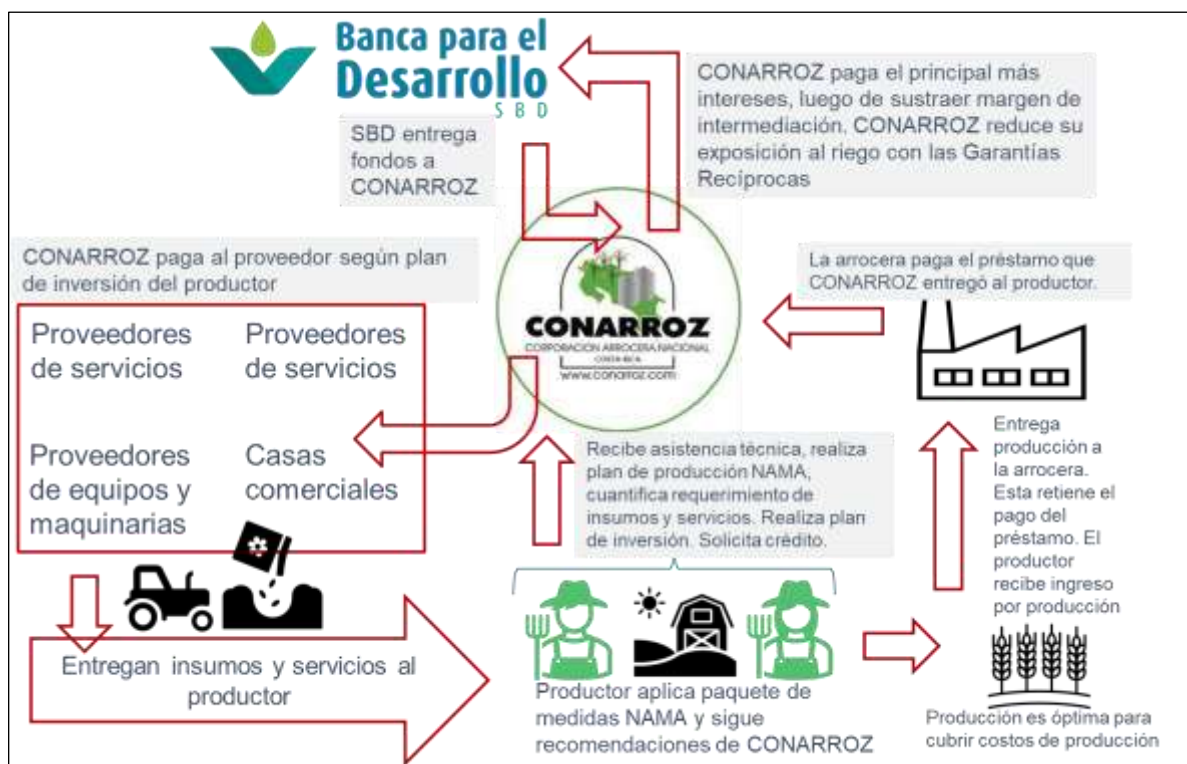
8.5.2 Propuesta del mecanismo de financiamiento de la NAMA

El **primer mecanismo de financiamiento** consiste en habilitar financiamiento a los productores, incluyendo préstamos preferenciales y garantías recíprocas. Para ello la NAMA se apalancaría del convenio de SBD y CONARROZ, en la cual CONARROZ está acreditada para movilizar recursos financieros para los productores de arroz. En la siguiente figura y lista se presenta la operatividad que podría tener el mecanismo de financiamiento a través de CONARROZ, el cual sigue un esquema de financiamiento de la cadena de valor que ha sido demostrado como uno de los enfoques más exitosos para reducir el riesgo financiero que incurre la banca al financiar productores pequeños y riesgosos (Quirós-Rodríguez, 2010). Así, con esta propuesta se remueven las barreras de acceso a crédito preferenciales (falta de créditos diferenciado para el sector arrocerero, falta de garantía, mal historial de crédito), mientras se reduce el riesgo técnico de producción, el riesgo moral de pago y el riesgo de mercado.

1. CONARROZ solicita fondos en función del plan de producción nacional y financiamiento.
2. CONARROZ acompaña al productor NAMA en realizar su plan de inversión y financiamiento.
3. CONARROZ financia al productor indirectamente a través de un tercero. Los proveedores de servicios reciben el pago de CONARROZ por los insumos y servicios que el productor presupuestó en su plan de inversión.
4. El productor NAMA recibe los insumos del proveedor de insumos, servicios y/o equipos.
5. El productor sigue las recomendaciones de CONARROZ para aplicar el paquete de medidas NAMA y otras medidas que generen los co-beneficios de productividad, rentabilidad y resiliencia climática.
6. El productor entrega la producción a la arrocera.
7. La arrocera retiene el monto de financiamiento establecido en el plan de inversión (principal + intereses) que entregó el productor a CONARROZ, y paga al productor el monto restante.
8. La arrocera entrega a CONARROZ el principal y los intereses.
9. CONARROZ paga el principal⁴³ más intereses al SBD, y retiene un margen de intermediación para cubrir los gastos de operación.

⁴³ Existe un riesgo de incumplimiento sobre el préstamo por parte del productor. Este riesgo es transferido a CONARROZ. Durante el Plan Piloto, CONARROZ debe evaluar la operatividad de los Avoles y Seguros Agrícola (INS) para cubrir su exposición al riesgo por incumplimiento.

Figura 19. Representación gráfica de la operatividad entre CONARROZ y el SBD para financiar a los productores de arroz NAMA.



Fuente: La presente investigación.

El segundo mecanismo de financiamiento consiste en alinear las potenciales fuentes de financiamiento de las acciones habilitadoras de la NAMA. En los siguientes puntos, se detalla los pasos para lograr movilizar recursos hacia las acciones habilitadoras:

- 1) CONARROZ usará sus fuentes tradicionales de ingreso para financiar parcialmente las acciones habilitadoras.
- 2) CONARROZ definirá un equipo conformado por personal del MAG y el MEIC para: a) programar los estudios técnicos para entender como los ingresos de los aranceles por importación de arroz podrían pasar a CONARROZ para apoyar la NAMA; b) programar la agenda de eventos para lograr el compromiso de las autoridades responsables de modificar las políticas; c) Ejecutar los programas para lograr que los ingresos por importación sean usados para financiar la NAMA.
- 3) CONARROZ definirá un equipo conformado por personal del MAG, el MEIC y una institución con experiencia en fondos concursables para: a) Identificar los fondos concursables más oportunos para la NAMA arroz; b) escribir la propuesta y someter la propuesta.

9 Plan de inversión de la NAMA

La NAMA arroz requiere gestionar recursos para financiar dos dimensiones esenciales, las cuales permitirán realizar la transición hacia un modelo de producción, industrialización y comercialización bajo en carbono.



La **primera dimensión** es el financiamiento del modelo de producción bajo en carbono (Sección 6.1.2) definido por las medidas priorizadas, los insumos y servicios para optimizar la producción.

La **segunda dimensión** corresponde al financiamiento de las acciones habilitadoras de la NAMA, definido como las actividades necesarias para poner en marcha los mecanismos operativos de la NAMA. Estas acciones habilitadoras tienen el role de movilizar el engranaje operativo de la NAMA para así lograr que el productor aplique el modelo de producción NAMA, supla arroz bajo en carbono a la industria, y se logre una diferenciación efectiva el arroz NAMA al final de la cadena productiva, donde el consumidor compre arroz NAMA de manera informada.

Antes de detallar el requerimiento de financiamiento para la NAMA, se establecen las metas de fincas a transformar en ambos periodos, lo cual será una función de los recursos financieros que el ejecutor de la NAMA pueda movilizar.

9.1 Alcance y período de implementación de la NAMA

El período de implementación del plan piloto será de dos años, equivalente a 4 ciclos de producción. Gran parte de los productores realizan dos siembras por año, mientras que los restantes realizan solo un ciclo/año por efecto estacional de las lluvias o para aprovechar la ventana de producción de otros rubros como el melón y la sandía.

El escalamiento de la NAMA Arroz se realizará cada dos años hasta el 2030. Se asume que los productores transformados internalizarán los esquemas de producción luego de 2-4 ciclos de producción. También se asume que en cada etapa CONARROZ apoyará la transferencia de tecnologías a un grupo máximo de 20 productores, condicionado a financiamiento externo. Con esto se logrará un avance secuencial en las distintas regiones del país a través de 4 etapas de escalamiento para el periodo 2025-2030.

El siguiente cuadro define el número de fincas objetivo (meta) de cada etapa, así como las fechas estimadas de implementación y el área aproximada a transformar. Durante el plan piloto se espera intervenir 20 fincas con un área aproximada al 8% del área productiva nacional. En los cuatro escalamientos se espera transformar un área equivalente al 32% del territorio nacional.

Cuadro 12. Número de fincas y área objetivos durante el plan piloto y los escalamientos de la NAMA arroz, asumiendo escenario medio (E1) de mitigación

Etapas	# de fincas objetivo	# fincas acumuladas	Duración (Años)	Fechas Estimadas	Área (ha)	Porcentaje del área nacional sembrada bajo modalidad NAMA (ha)
Plan Piloto	20	20	2	2023-2024	3.803	8%
Escalamiento 1	20	40	2	2025-2026	6.534	16%
Escalamiento 2	20	60	2	2027-2028	9.802	24%
Escalamiento 3	20	80	2	2029-2030	6.534	32%

Nota: Asume el escenario 1 de mitigación.

Fuente: La presente investigación con la retroalimentación de CONARROZ.

El Plan Piloto pretende desarrollar e implementar un modelo de desarrollo arrocero, implementando tecnologías bajas en carbono para las 5 regiones productoras del país. En la siguiente figura se muestran cómo se distribuyen las fincas objetivo:

- 1) por tamaño⁴⁴ (10 pequeños, 7 medianos, 3 grandes)
- 2) por región (Chorotega-10, Brunca-4, Pacífico Central-3, Huetar Norte-2, Huetar Atlántica-1), distribuidas proporcionalmente.

Figura 20. Selección y distribución de fincas pilotos a intervenir durante el Plan Piloto.



Fuente: La presente investigación con la retroalimentación de CONARROZ

La cantidad de fincas y el área a intervenir durante el Plan Piloto depende del financiamiento disponible (local y externo). Así en el escenario 1 (definido en los escenarios de mitigación) se asume que se transformará el equivalente a 3.803 ha (8% del área nacional sembrada). Esto es factible, ya que CONARROZ tradicionalmente realiza pruebas piloto en grupos de 20 productores, y también porque se trabajará con productores grandes con sistemas de riego, los cuales son relativamente pocos y poseen el 44% del parque productivo⁴⁵. En el escenario 2, se asume que por restricciones presupuestaria y poca movilización de recursos se logra transformar solo 1.369 ha (4% del área nacional). En el escenario 3, se asume que las condiciones de movilización de recursos serán apropiadas con lo cual se logrará transformar 13.447 hectáreas (30,8% del área nacional). Para los cálculos de financiamiento presentados más adelante, se parte del escenario 1 como situación más probable.

El financiamiento para el Plan Piloto vendrá de diferentes fuentes: 1) del programa de extensión de CONARROZ, 2) recursos públicos y privados, 3) fuentes de financiamientos de insumos y actividades para la producción de arroz. Al igual que el Plan Piloto, la meta para los escalamientos dependerá del financiamiento nacional e internacional. Bajo el escenario 1, se asume que los escalamientos podrían financiar la transformación 40% del área productiva. Sin embargo, dado la capacidad institucional de CONARROZ, este podría llegar al 100% del área productiva antes del 2030 si se contara con el financiamiento suficiente para implementar la NAMA.

9.2 Inversión para financiar el modelo de producción bajo en carbono

La estimación de la inversión total es una función del número de hectáreas a transformar, la inversión promedio por hectárea, diferenciando entre sistemas de producción. Para estimar la necesidad de inversión y financiamiento, se estimaron flujos de cajas mensuales, de los cuales se derivó la necesidad de capital de trabajo

⁴⁴ Definición de tamaños de finca: Pequeños (17,5 ha), mediano (119,8 ha), y grande (751,2 ha).

⁴⁵ Datos del Centro Estadístico de CONARROZ (2019/2020) indican que: Hay 497 productores, donde 178 tienen sistema de producción con riego (inundado o complementario) y suplen el 46% (14.798 ha) de la producción nacional; mientras 319 usan sistemas de producción en seco y suplen el 54% (18.251 ha) de la producción nacional.



requerido para financiar el modelo de producción bajo en carbono (Anexo 5, 8)⁴⁶. El modelo de producción a financiar considera las medidas priorizadas de mitigación al igual que los insumos y servicios requeridos para llevar a cabo el ciclo de producción.

En el siguiente cuadro se muestra las necesidades de capital de trabajo financiamiento por hectáreas, y el requerimiento de financiamiento de corto plazo durante la fase piloto, asumiendo el escenario 1 (medio) de mitigación.

Cuadro 13. Necesidades de inversión para transformar las fincas del Plan Piloto NAMA, asumiendo escenario medio de mitigación.

Sistema de producción	Cantidad productores	Necesidad financiamiento por ha (USD/año)	Área total (ha)	Requerimiento de capital, USD
Arroz anegado, productor grande	3	2.225	2.253	5.014.260
Arroz seco dos ciclos, productor mediano	7	2.521	1.050	2.647.050
Arroz seco un ciclo, productor pequeño	10	1.385	500	692.500
TOTAL	20		3.803	8.353.810

Fuente: La presente investigación.

El financiamiento total necesario para transformar las 20 fincas durante el primer año con las mejoras mencionadas estaría alrededor de USD 8,35 millones. Esta necesidad de capital puede provenir de diferentes fuentes.

En el siguiente cuadro se muestra las necesidades de capital de trabajo por hectáreas, y el requerimiento de financiamiento durante la fase piloto, diferenciando para los escenarios medio (E1), conservador (E2) y optimista (E3). Como se evidencia en el cuadro, se intervendrían 7, 20 y 70 productores respectivamente.

Cuadro 14. Necesidades de inversión para transformar las fincas del plan piloto, diferenciando entre escenarios de intervención

Sistema de producción	Cantidad productores	Necesidad de inversión por ha (USD/año) *	Área total (ha)	Requerimiento de capital (millones, USD)
Escenario conservador (E1)	7	2.196,64	1.369	2.923.834
Escenario Medio (E2)	20	2.196,64	3.803	8.353.810
Escenario Optimista (E3)	70	2.196,64	13.447	29.238.335

* Valor ponderado entre varios sistemas de producción⁴⁷.

Fuente: La presente investigación.

⁴⁶ En otros NAMAs se calculan las necesidades de financiamiento a partir del costo de las medidas (paneles solares, cercas vivas, drones eléctricos, etc.). En este caso, la NAMA arroz propone migrar a un nuevo modelo de costo de producción bajo en carbono. Así, el cálculo de las necesidades de inversión considera todo el modelo de costo, el cual también incluye las medidas de mitigación.

⁴⁷ Las fincas a intervenir son una mezcla que requieren capital de trabajo durante un año, algunas producen bajo seco y otras bajo riego, bajo diferentes modelos de producción. Para simplificar el cálculo se asume las mismas necesidades de financiamiento, ya que las diferencias no son significativas.



El **escenario medio**, según autoridades de CONARROZ, sería el más realista bajo las condiciones actuales de la institución. En este escenario, CONARROZ apoyaría la transformación de 20 productores (**3.803 ha, 8% del área total**). Si las condiciones presupuestales de la institución se vuelven negativas, CONARROZ implementaría el plan piloto bajo las condiciones conservadoras donde se intervendrían solo 7 productores (**1.369 ha, 4% del área total**). En el caso opuesto, donde CONARROZ logre apoyo financiero nacional o internacional para implementar el plan piloto, se podría lograr transformar 70 productores (**13.447 ha, 30,8% del área total**). **Bajo los escenarios estudiados**, la inversión requerida durante el plan piloto para financiar la producción NAMA estaría en el rango de **USD 2,92 – 29,9 millones**, donde USD 8,35 millones sería la inversión media requerida.

Las necesidades de inversión para escalar la NAMA dependen de las condiciones iniciales del plan piloto. Asumiendo el escenario 1 (ver Cuadro 15), se estima que para escalar la NAMA se requerirá una inversión de USD 8,35M cada dos años. Esto se debe a que cada dos años se agregan 20 fincas (3.803 ha adicionales) al modelo de producción NAMA. Por tanto, bajo este escenario las necesidades de financiamiento para escalar la NAMA al 32% (15.212 ha) del área productiva nacional son USD 33,41M, lo cual ocurre durante el periodo 2023-2030 (ver Cuadro 15). Es importante aclarar que actualmente el sector está movilizando en promedio USD 2.196/ha/año para financiar la producción tradicional de arroz, variando por sistemas de producción y paquete tecnológico. Con el escalamiento de la NAMA, lo que se busca es sustituir la movilización de recursos de lo tradicional al enfoque de producción NAMA. Eso implica que luego que los productores internalicen la producción bajo los esquemas NAMA, estos seguirán movilizando recursos hacia una producción más limpia, generándose ciclos de refinanciamiento.

Cuadro 15. Inversión incremental y acumulada para escalar la NAMA Arroz, bajo el escenario medio (E1).

Etapas	% del área nacional arroceras	# fincas acumuladas	Año	Inversión total acumulada (USD)	Inversión incremental requerida (USD)
Plan Piloto	8%	20	2023	8.353.810	8.353.810
Plan Piloto	8%	20	2024	8.353.810	
Escalamiento 1	16%	40	2025	16.707.620	8.353.810
Escalamiento 1	16%	40	2026	16.707.620	
Escalamiento 2	24%	60	2027	25.061.430	8.353.810
Escalamiento 2	24%	60	2028	25.061.430	
Escalamiento 3	32%	80	2029	33.415.240	8.353.810
Escalamiento 3	32%	80	2030	33.415.240	

Fuente: La presente investigación.

De igual manera, para escalar la NAMA Arroz, partiendo del escenario conservador (E2), se requeriría USD 2.92M en capital de trabajo cada dos años, para un total de USD 11.69M durante el periodo 2023-2030 (ver siguiente cuadro). Con los escalamientos se asume que al final del año 2030 se ha transformado solo el 16% (5.476 ha) del área arroceras nacional.

Cuadro 16. Inversión incremental y acumulada para escalar la NAMA Arroz, bajo el escenario conservador (E2).

Etapas	% del área nacional transformada	# fincas acumuladas	Año	Inversión total acumulada (USD)	Inversión incremental requerida (USD)
Plan piloto	4%	7	2023	2.923.834	2.923.834
Plan piloto	4%	7	2024	2.923.834	
Escalamiento 1	8%	14	2025	5.847.668	2.923.834
Escalamiento 1	8%	14	2026	5.847.668	
Escalamiento 2	12%	21	2027	8.771.502	2.923.834
Escalamiento 2	12%	21	2028	8.771.502	
Escalamiento 3	16%	28	2029	11.695.336	2.923.834
Escalamiento 3	16%	28	2030	11.695.336	

Fuente: La presente investigación.

En el caso del escenario optimista (E3), se requeriría 29.2M en capital de trabajo para los dos primeros escalamientos, y solo USD 2.46M en el último escalamiento. Con los escalamientos se asume que al final del año 2030 se ha transformado el 95% del área arrocerá nacional⁴⁸, requiriendo un total de USD 90.18M.

Cuadro 17. Inversión incremental y acumulada para escalar la NAMA Arroz, bajo el escenario optimista (E3).

Etapas	% del área nacional transformada	# fincas acumuladas	Año	Inversión total acumulada (USD)	Inversión incremental requerida (USD)
Plan piloto	30.8%	70	2023	29.238.335	29.238.335
Plan piloto	30.8%	70	2024	29.238.335	
Escalamiento 1	61.6%	140	2025	58.476.670	29.238.335
Escalamiento 1	61.6%	140	2026	58.476.670	
Escalamiento 2	92.4%	210	2027	87.715.005	29.238.335
Escalamiento 2	92.4%	210	2028	87.715.005	
Escalamiento 3	95.0%	280	2029	90.183.176	2.468.171
Escalamiento 3	95.0%	280	2030	90.183.176	

Fuente: La presente investigación.

La NAMA arroz espera que los recursos para financiar la producción baja en carbono, durante el plan piloto y los escalamientos, considerando el escenario medio (E1 – USD 33,41M), provengan de diferentes fuentes. En el siguiente cuadro se presentan los montos a movilizar en el tiempo por fuente de financiamiento potencial. Como

⁴⁸ Asume que los productores más grandes son transformados. Según datos de CONARROZ, 7% de los productores manejan el 58% del área arrocerá nacional. El segundo extracto de productores más grande (18%) manejan el 25% del área arrocerá nacional, el tercer grupo más grande (35%) manejan 14% del área nacional. Así, estos tres grupos (60%=298 productores) manejan el 97% del área arrocerá nacional.



se propuso en la sección (8.5.1), los productores aportarían un 20%, las arroceras un 5%, las casas comerciales un 25%, y que el resto (50%) se financie a través de CONARROZ y el SBD. Así, como se visualiza en el siguiente cuadro, durante los primeros dos años de la NAMA (PP) se espera que los productores, casas comerciales, arroceras y la banca para desarrollo aporten USD 1,67M, 2,08M, 0,47M, y 4,17M, respectivamente.

Cuadro 18. Flujos de financiamientos (acumulado) requerido para la transformación de fincas NAMA, asumiendo el escenario medio (E1)

Etapas	Año	Inversión total acumulada (USD)	Capital Propio (USD)	Casas Comercial	Industria	CONARROZ + SBD
PP	2023	8.353.810	1.670.762	2.088.453	417.691	4.176.905
PP	2024	8.353.810	1.670.762	2.088.453	417.691	4.176.905
Escal -E1	2025	16.707.620	3.341.524	4.176.905	835.381	8.353.810
Escal -E1	2026	16.707.620	3.341.524	4.176.905	835.381	8.353.810
Escal -E2	2027	25.061.430	5.012.286	6.265.358	1.253.072	12.530.715
Escal -E2	2028	25.061.430	5.012.286	6.265.358	1.253.072	12.530.715
Escal-E3	2029	33.415.240	6.683.048	8.353.810	1.670.762	16.707.620
Escal-E3	2030	33.415.240	6.683.048	8.353.810	1.670.762	16.707.620

Fuente: La presente investigación con datos de CONARROZ.

9.3 Inversión para las acciones habilitadoras NAMA

En el Cuadro 19 se estiman el presupuesto bianual para implementar las acciones habilitadoras NAMA durante el plan piloto (2023-2024) y los escalamientos hasta el 2030. El presupuesto se calcula bajo el supuesto de intervención del escenario medio (E1, presentado en sección 5) y bajo el supuesto de 3 escalamientos similares al plan piloto. Así, al final del 2030, las intervenciones NAMAs espera transformar el 32% del área arrocera nacional. Los supuestos para el cálculo financiero se presentan en el Cuadro 22.

Para los dos años del plan piloto se asume la transformación de 20 fincas con un área equivalente a 3.803 ha. Para crear las condiciones habilitadoras para transformar esta área (8% del área nacional), se estima un requerimiento de USD 819.392 para los dos años del plan piloto. La NAMA sigue apoyando estas fincas hasta 2030 porque siguen generando mitigación como se indicó en el E1. Las necesidades de inversión para ejecutar las acciones habilitadoras NAMA, incrementan en función de los escalamientos y las áreas de intervención. Así, para el primer, segundo y tercer escalamiento, se requiere USD 1.29M, 1.81M y 2.35M. Considerando los escalamientos y el E1 de intervención se requiere un total de USD 6.25M para el periodo 2023-2030. Si no se realizan escalamientos⁴⁹ el costo de las acciones habilitadores NAMA para el periodo el 2023-2030 sería de USD 3,27M⁵⁰.

⁴⁹ No realizar escalamiento significa que CONARROZ trabajará con 3.803 ha durante el 2023-2030. En la práctica, dado la naturaleza de la producción de arroz y los programas de extensión de CONARROZ, lo más viable es realizar escalamientos cada dos años, considerando que las fincas iniciales se siguen apoyando bajo la modalidad NAMA.

⁵⁰ Este valor es importante ya que el escenario de mitigación considera solo el potencial de mitigación de las 3.803 ha (promedio) durante el periodo 2023-2030 (ver Anexo 18).



En los escenarios conservador (E2) y optimista (E3) las necesidades de financiamiento⁵¹, considerando los escalamientos, ascienden a USD 2.61M (Anexo 19) y 19.12M (Anexo 20), respectivamente.

Cuadro 19. Estimación de costo en de las acciones habilitadoras de la NAMA para el Escenario 1 (medio), considerando escalamientos hasta el 2030.

Categoría	2023-2024	2025-2026	2027-2028	2029-2030	TOTAL
Finca Objetivo NAMA	20	40	60	80	
Fincas nuevas NAMA	20	20	20	20	
Hectáreas intervenidas	3.803	7.606	11.409	15.212	
Costo acciones habilitadoras de la NAMA (USD)					
Divulgación y comunicación al productor	59.640	59.640	59.640	59.640	238.560
Sensibilización al consumidor	20.000	20.000	20.000	20.000	80.000
Proyectos piloto	120.000	120.000	120.000	120.000	480.000
Investigación, Innovación y Desarrollo	267.731	535.462	803.194	1.070.925	2.677.312
Servicios técnicos	152.717	305.433	458.150	610.866	1.527.165
Fortalecimiento de CONARROZ para impulsar la NAMA y los mecanismos de financiamiento	72.000	52.000	52.000	52.000	228.000
Mercadeo, comercialización y certificación	30.543	61.087	91.630	122.173	305.433
Monitoreo Reporte Verificación	35.674	15.674	25.516	35.757	610.866
Administración y finanzas	61.087	122.173	183.260	244.346	112.622
Costo total NAMA (USD)	819.392	1.291.470	1.813.389	2.335.708	6.259.958

Fuente: La presente investigación con datos de CONARROZ.

En el siguiente cuadro se presenta la contribución potencial de CONARROZ para financiar las acciones habilitadoras, basado en los supuestos del Cuadro 22. Para el plan piloto, CONARROZ podría contribuir 55.8% (USD 457.195) del financiamiento necesario. Esto significa que para iniciar a implementar la NAMA, CONARROZ debe gestionar financiamiento nacional o internacional por USD 362.197. De igual manera, para financiar los escalamientos hasta el 2030 CONARROZ debería gestionar a nivel nacional o internacional un total de USD 2.68M, los cuales son posible a través de los mecanismos descritos en la sección 8.5.2. Según la gerencia de CONARROZ, el país está en completa disposición para alinear su presupuesto con la NAMA, ya que es una línea estrategia para el sector arrocero. Sin embargo, existe un riesgo por el modelo de generación de ingresos actual que tiene CONARROZ. Actualmente, el 86% de su presupuesto proviene de la comisión (i.e, 1,5%) sobre el valor de la producción nacional, importación a terceros e importación por desabasto. Por tanto, la vulnerabilidad de CONARROZ respecto a las consecuencias del DR-CAFTA puede comprometer la sostenibilidad de la NAMA arroz a largo plazo. Esto hace aún más evidente la necesidad de gestionar recursos a través de los mecanismos descritos en la sección 8.5.2.

⁵¹ Si no se consideran los escalamientos, las necesidades de financiamiento para el E2 y E3 asciende a USD 1.37M y 8.51M.



Cuadro 20. Fuentes de financiamiento potencial para financiar las acciones habilitadoras de la NAMA, considerando el Escenario 1 (medio) y los escalamientos hasta el 2030.

Fuente de financiamiento para las acciones hab. NAMA	2023-2024	2025-2026	2027-2028	2029-2030	Total
Contribución de CONARROZ	457.195	914.390	1.371.585	1.828.780	4.571.951
Recursos externos a gestionar	267.731	535.462	803.194	1.070.925	2.677.312
Total, para financiar las acciones hab.	819.392	1.291.470	1.813.389	2.335.708	6.259.958
Participación de CONARROZ del total	55,8%	70,8%	75,6%	78,3%	73,0%

Fuente: La presente investigación con datos de CONARROZ.

En el siguiente cuadro se presenta el total de financiamiento requerido para la NAMA Arroz, independiente de la fuente y bajo el supuesto del E1. Entre los recursos requerido para financiar la producción baja en carbono y las acciones habilitadoras de la NAMA se estiman USD 9.17M durante el plan piloto y USD 39.66M al 2030, donde las acciones habilitadoras de la NAMA representan el 16%.

Cuadro 21. Financiamiento total requerido (USD Millones) para financiar la producción baja en carbono y las acciones habilitadoras de la NAMA, considerando el Escenario 1 (medio) y los escalamientos hasta el 2030.

Categoría	2023-2024	2025-2026	2027-2028	2029-2030	Total
Recursos para financiar la producción bajo en carbono	8,35	16,7	25,06	33,41	33,41
Recursos para financiar las acciones habilitadoras NAMA	0,82	1,29	1,81	2,33	6,25
Total	9,17	17,99	26,87	35,74	39,66
Participación de las acciones habilitadoras en el total	9%	7%	7%	7%	16%

Fuente: Calculado por autores a partir de datos de CONARROZ.

En el siguiente cuadro se presentan las potenciales categorías de acciones habilitadoras NAMA derivadas de los mecanismos operacionales de la NAMA. También se describe su justificación y los supuestos usados para construir el presupuesto de las acciones habilitadoras NAMA para el plan piloto y los escalamientos.

Para el cálculo de las necesidades de recursos para implementar estas acciones habilitadoras se asume que la transformación se hará sobre la base de productores actuales que tiene CONARROZ, lo cual implica que una porción importante de los recursos estimados proviene del presupuesto de CONARROZ, mientras que la porción restante debe ser gestionada.

Cuadro 22. Categoría de las acciones habilitadoras NAMA y su justificación.

Categoría	Justificación y supuestos de costeo
Divulgación y comunicación al productor y sensibilización al consumidor	Es importante que los productores estén informados sobre los aspectos técnicos, evolución y resultados generados con las tecnologías promovidas. De especial importancia es realizar compañías de concientización a los consumidores sobre el arroz producido en Costa Rica bajo estándares sostenibles, de manera que



Categoría	Justificación y supuestos de costeo
	<p>el consumidor pueda diferenciar entre el arroz NAMA, el tradicional, y el importado, y así realizar compras más informadas.</p> <p>Se asume que anualmente se realizan actividades de divulgación a los productores a un costo de USD 60/productor. Para el plan piloto y los escalamientos se asume que el universo de productores es de 497 productores.</p> <p>Para las campañas de sensibilización a los consumidores, se asume un costo anual de USD 10.000. Al igual que la divulgación a los productores, los costos asociados a la divulgación y comunicación se consideran como costos adicionales que se deben gestionar fuera del presupuesto de CONARROZ.</p>
Fincas piloto	<p>Las fincas pilotos permitirán realizar transferencia de medidas baja en carbono a líderes de opinión en el sector, demostrando la factibilidad técnica y económica de estas medidas, y así demostrando viabilidad para escalar en todo el país.</p> <p>Los productores financiarán el paquete de medidas baja en carbono y su plan de finca con capital propio y financiamiento externo a través de arroceras, casas comerciales y bancos. Sin embargo, se contempla como acción NAMA un presupuesto adicional de USD 3.000/finca para apoyar el establecimiento de medidas con alto impacto de mitigación y secuestro de carbono.</p>
Investigación, innovación y Desarrollo	<p>El proyecto piloto será utilizado para montar parcelas demostrativas y experimentales, con las cuales se puede documentar técnica y científicamente el impacto de las medidas de mitigación priorizadas para la NAMA.</p> <p>Las acciones NAMA en esta categoría también estarán dirigidas a probar y modelar el potencial de mitigación de otras medidas o paquete de intervención que los técnicos de CONARROZ consideren relevantes (p.ej., sustitución de aplicaciones aéreas por drones eléctricos-recargables, bombeo de agua con paneles solares, labranza mínima, producción con insumos biológicos, etc.).</p> <p>El presupuesto global de CONARROZ (CONARROZ 2020) dividido entre el área de producción nacional es equivalente a los USD 80 por hectárea, donde el 40% (USD 32/ha) es destinado a la Dirección de Investigación y desarrollo.</p> <p>Para la NAMA se asume que esta asignación por hectárea se alinearán con este mecanismo de I+D de la NAMA. Entrevistas con los directivos de CONARROZ y revisión bibliográfica (Revista Arroceras, 2020), indican que existen programas de investigación de mucha relevancia para el país, los cuales se pueden alinear para fines de entender su contribución a las metas de reducción de emisiones.</p> <p>Sin embargo, para cubrir el costo incremental en temas de I+D NAMA, se estima la necesidad de recursos externos, equivalente al 10% (USD 3.2/ha) de la asignación presupuestaria de CONARROZ. Así para los dos años del plan piloto se estima la necesidad de USD 267.731, proveniente del presupuesto de CONARROZ (USD 243.392) y recursos externos (USD 24.339).</p>
Servicios de acompañamiento técnico	<p>Los servicios de extensión son centrales para lograr la transformación. Tanto los productores como los técnicos tienen limitado conocimiento sobre la producción de arroz bajo en carbono. Por tanto, estos servicios de acompañamiento incluyen, entrenamientos a los técnicos, desarrollo de maya curricular para entrenar a los productores en la materia, despliegue de la asistencia NAMA como se indicó en el</p>



Categoría	Justificación y supuestos de costeo
	<p>plan operativo, establecimiento y acompañamiento de fincas pilotos, entre otras actividades de escalamiento.</p> <p>Para las acciones NAMA relacionadas al servicio de acompañamiento se asume un costo de USD 40/ha, los cuales provienen de actividades que CONARROZ alinearía para el programa NAMA Arroz.</p>
Fortalecimiento de CONARROZ para impulsar la NAMA y los mecanismos de financiamiento	<p>CONARROZ tiene un largo recorrido asistiendo la producción de arroz, logrando importantes resultados. Sin embargo, es importante reforzar su capacidad gerencial y financiera para colocar créditos NAMA y gestión de recursos nacionales e internacionales para la NAMA.</p> <p>Para esta acción habilitadora NAMA se requiere recursos adicionales ya que CONARROZ aún no tiene las competencias suficientes en esta materia. Esta acción NAMA habilitadora entrenaría al personal competente de CONARROZ a través de expertos en banca y financiamiento climático. Se estimada un costo aproximado de USD 20.000 por estos servicios durante el primer año. También se requiere asignar personal para gestionar las colocaciones y cobros de los créditos a productores NAMA, lo cual debe autofinanciarse con los márgenes de intermediación que provee la SBD. Para el personal asignado a estas funciones se asume un costo mensual de USD2.000/mes.</p>
Mercadeo, Comercialización y certificación	<p>CONARROZ durante el plan piloto asignará recursos para adaptar estándares internacionales de arroz sostenibles (p.ej., el SRP) a las condiciones nacionales para uniformizar el significado de un "arroz sostenible, verde o bajo en carbono." El arroz producido bajo los estándares de la certificación podría comercializarse en el mercado como un arroz diferenciado. Por tanto, es importante que el plan piloto asigne recursos para educar al consumidor, ya que este desconoce si el producto es local o importado, y desconoce la forma en cómo es producido, y menos que es un arroz bajo en carbono.</p> <p>Para cubrir los costos de certificación, etiquetado, logística y trazabilidad, CONARROZ tiene la facultad legal para proponer ante el MEIC un precio diferenciado de este arroz certificado. Por tanto, durante el plan piloto se deben habilitar los recursos y el personal técnico para diferenciar el precio.</p> <p>Finalmente, el país tiene que tomar una posición sobre el arroz importado y su huella de carbono a nivel del consumidor. CONARROZ y las instituciones de investigación deberán generar estudios que comparen la huella de carbono del arroz importado vs el arroz nacional certificado. Los esfuerzos de la NAMA para descarbonizar el sector pueden verse afectados por arroz importado de mayor huella de carbono.</p> <p>Para las acciones NAMA descrita en el mecanismo de Mercadeo, comercialización y diferenciación, se asume un costo de USD 4/ha de las fincas NAMA objetivo. Así para los dos años del plan piloto se estima la necesidad de recursos adicionales de USD 30.543.</p>
Monitoreo Reporte Verificación	<p>El MRV es un componente esencial de la NAMA, garantía de transparencia y cuya implementación tiene un costo asociado. Permite además sustentar los apoyos al productor condicionado a la adopción (uso) de la tecnología.</p>



Categoría	Justificación y supuestos de costeo
	<p>Entre el costo fijo, existe un costo inicial de inversión para la elaboración y puesta en funcionamiento del Sistema de Información y mantenimiento del sistema, así como la realización de un estudio de línea de base del sector arroz al menos cada dos años.</p> <p>Para monitoreo reporte y verificación se estima la necesidad de realizar un software que a partir de data recolectada en campo calcule las emisiones y remociones por finca, y la mitigación luego de aplicar el paquete de medidas NAMAs. Se asume un costo de USD 20.000 para su creación y puesta en marcha.</p> <p>Adicionalmente, para llevar a cabo el MRV se asume un costo adicional de 2% del costo total de las acciones habilitadoras de la NAMA.</p> <p>Así durante el plan piloto se requeriría USD 10.807 con el fin de reportar al SINAMEC, y apoyar el proceso de mejora continua de la NAMA.</p>
Administración y finanzas	<p>La NAMA debe tener una unidad ejecutora instalada en CONARROZ, la cual facilite la ejecución del proyecto, documente e informe a los cooperantes, a su vez deberá auditar los procesos en las organizaciones encargadas de la implementación a nivel regional. También podrá brindar información necesaria a otras instancias gubernamentales y viceversa.</p> <p>Para la administración y finanzas se estima un costo de USD 8 por ha proveniente de CONARROZ. Así el plan piloto se estima un costo total de USD 61.086.</p>

Fuente: La presente investigación.

9.4 Costo de la NAMA arroz por tonelada de CO₂eq reducida

En el siguiente cuadro se presenta cuánto cuesta reducir una tonelada de CO₂eq en función del costo incremental requerido para implementar la NAMA Arroz. Este valor se calcula al dividir el costo incremental para implementar la NAMA entre las emisiones reducidas. El costo incremental corresponde a las acciones habilitadores, ya que el capital de trabajo para financiar la producción baja en carbono es similar a los recursos necesarios para financiar la producción tradicional. En la sección 6 se estimó el potencial de mitigación hasta el 2030 solo considerando las fincas intervenidas durante el plan piloto. El costo incremental para habilitar la transformación se estimó en la sección 11.

En el escenario 1 se estimó el potencial de reducción equivalente a 78.2 Gg de CO₂eq, mientras que la inversión necesaria para generar las condiciones habilitadoras NAMA durante los dos primeros años del plan piloto asciende a USD 819.392 (Cuadro 19), y el total hasta el 2030 es de USD 2.791.968 (Anexo 18). En este escenario el costo para reducir una tonelada de CO₂eq es de USD 35.70, considerando las fincas intervenidas y el plan de intervención.

En el escenario 2 el costo es de solo USD 3.90 por tonelada de CO₂eq reducido, lo cual se da porque hay mayor proporción de fincas en riego que son transformadas en sistemas de producción bajo en carbono, es decir a medida las fincas van pasando de secano a riego, estas implementan las medidas de mitigación bajo las condiciones habilitadoras de la NAMA.

Por último, el escenario 3 tiene un costo de USD 13.66 por tonelada reducida. En este caso el costo es menor al E1 porque hay un mayor número de fincas generando mitigación, y el costo fijo de los gastos incrementales de la NAMA se diluye con un mayor volumen de CO₂e reducido.

Cuadro 23. Costo de reducir una tCO₂eq con la implementación de la NAMA Arroz.

Escenario	Emisiones reducidas ^a (Gg de CO ₂ eq)	Inversiones en acciones habilitadores de la NAMA ^b (USD)	Costo (USD) / tCO ₂ eq reducida
Escenario 1 (3.803 ha)	78,2	2.791.968	35,70
Escenario 2 (1.369 ha)	351,7	1.373.667 ^b	3,90
Escenario 3 (13.447 ha)	622,5	8.505.317 ^c	13,66

^aAcumulado de reducción al 2030 respecto al BAU; Gg=1000 toneladas; ^bEstimado según se presenta en el Anexo 21; ^cEstimado según se presenta en el Anexo 22.

Fuente: La presente investigación.

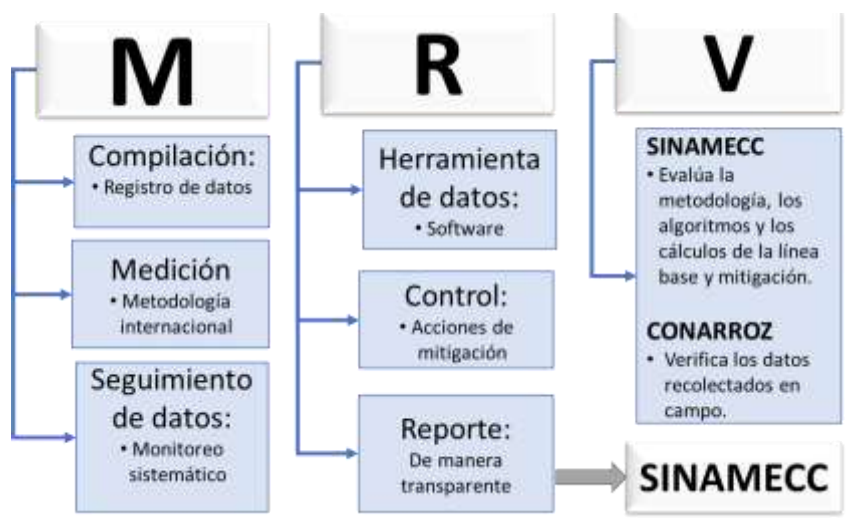
10 Sistema de Medición, Reporte y Verificación

Los sistemas de MRV constituyen esquemas que permiten llevar un inventario contable de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), a través de una relación entre una actividad productiva, su forma de gestión y la medición del impacto en emisiones de GEI. Este tipo de sistemas persiguen la ambición de contar con datos transparentes acerca del impacto de la NAMA Arroz en la mitigación de GEI.

Los MRV son impulsados para mejorar la calidad de los datos de GEI a nivel de país, mejorando así el reconocimiento a nivel internacional, y ayudando a identificar las prioridades nacionales (incluyendo NAMAs), retos y oportunidades. También facilita el planeamiento y la priorización de políticas, mejorando su congruencia en función de las lecciones aprendidas de la instrumentación de las NAMAs. Los MRV se aplican en tres áreas, MRV de emisiones, MRV de NAMAs y MRV del Apoyo (Pang et al. 2020, GIZ). **EL MRV de NAMAs** tiene como objetivo realizar el MRV del impacto de las políticas y medidas de mitigación. En Costa Rica, dos MRV de NAMAs sobresalen, el MRV del NAMA Café y el de Ganadería.

En el marco de la NAMA Arroz se propone la implementación de un sistema de MRV que integre la producción de arroz en secano y bajo riego hasta la puerta de entrada de las arroceras. En la Figura 21 se ilustra el enfoque del MRV de la NAMA Arroz desde cada una de sus dimensiones.

Figura 21. Conceptualización del MRV de para la NAMA arroz



Fuente: Adaptado para la NAMA Arroz de la NAMA Café, Costa Rica (Quiróz-Rojas et al, 2016).

Como se aprecia en la figura anterior, el concepto del MRV para la NAMA arroz considera los protocolos de **compilación de datos en finca y arroceras para su registro y almacenamiento oportuno**. A partir de estos datos se realizan los cálculos de emisiones y mitigación (**medición**) siguiendo metodologías nacionales e internacionales. **Para lograr un seguimiento oportuno de los datos** registrados se considera un monitoreo sistemático partiendo de los procesos de recolección y almacenamiento de datos actuales de CONARROZ. **Para el Reporte se contará con herramientas** que procesan los datos recolectados en campos y en las arroceras para generar reportes de emisiones de GEI y huella de carbono por kg de arroz granza. CONARROZ será la organización responsable de **controlar las acciones climáticas de mitigación**, y reportarlas al SINAMECC en conjunto con el reporte de emisiones y mitigación, con el fin de garantizar transparencia y armonizar las mitigaciones con el INGEI. **La validación⁵² de emisiones** de GEI se realiza a través del SINAMECC ya que cuenta con un sistema de control de la calidad. De igual manera, el cuerpo técnico de CONARROZ será entrenado en la materia para realizar verificaciones internas relacionado a la captura de datos.

El sistema MRV de la NAMA arroz debe tener un alcance que integre aspectos de emisiones y reducciones de GEI, remoción de carbono, y acciones habilitadoras no-GEI relacionadas con la NAMA. De esta manera se logra evaluar el impacto en mitigación de la NAMA de manera integral. El enfoque también debe seguir el esquema de balance de carbono (FAO 2011; INTECO 2016, Abarca-Monge 2016).

El sistema de MRV para la NAMA Arroz parte de los siguientes supuestos:

- Supuesto 1: Para el plan piloto se considera aplicar MRV a 20 fincas NAMA, distribuidas por sistemas de producción, región productora y tamaño según se describirá en la sección 10.1, lo cual permitirá lograr cierto nivel de representatividad para todo el sector y lecciones aprendidas para los escalamientos.

⁵² Este rol de SINAMECC no se debe confundir la V del MRV con el programa de Validación y Verificación (VV) que realizan las organizaciones acreditadas por la ECA.



- Supuesto 2: CONARROZ está en la disposición de modificar ligeramente sus procesos de recolección y captura de datos, para así realizar los registros de datos que alimentarán el MRV.
- Supuesto 3: CONARROZ en conjunto con la UCR⁵³, el MAG-INTEC y DNEA desarrollarán el software para procesar la información y realizar los cálculos de emisiones y mitigación. En la **Figura 21** se muestran las áreas donde se debe modificar el proceso actual de recolección y procesamiento de datos, para así alinear ese proceso con las necesidades del MRV.
- Supuesto 4: CONARROZ está en la disposición de coordinar la elaboración de los reportes del MRV para reportar al SINAMECC.
- Supuesto 5: CONARROZ llenará y enviará los formularios provistos por SINAMECC sobre las acciones climáticas y/o acciones No-GEI.

El sistema de MRV como herramienta nacional de gestión y monitoreo para el sector arroz debería tener rutinas de comunicación con otros sistemas que reportan emisiones. De esa manera, se mejora la oficialidad de la información proveniente del NAMA y todos los sistemas de reporte “cuenten la misma historia” con relación a las emisiones. Para armonizar los esfuerzos de mitigación con el INGEI, la NAMA debería tener rutinas de comunicación con los siguientes sistemas:

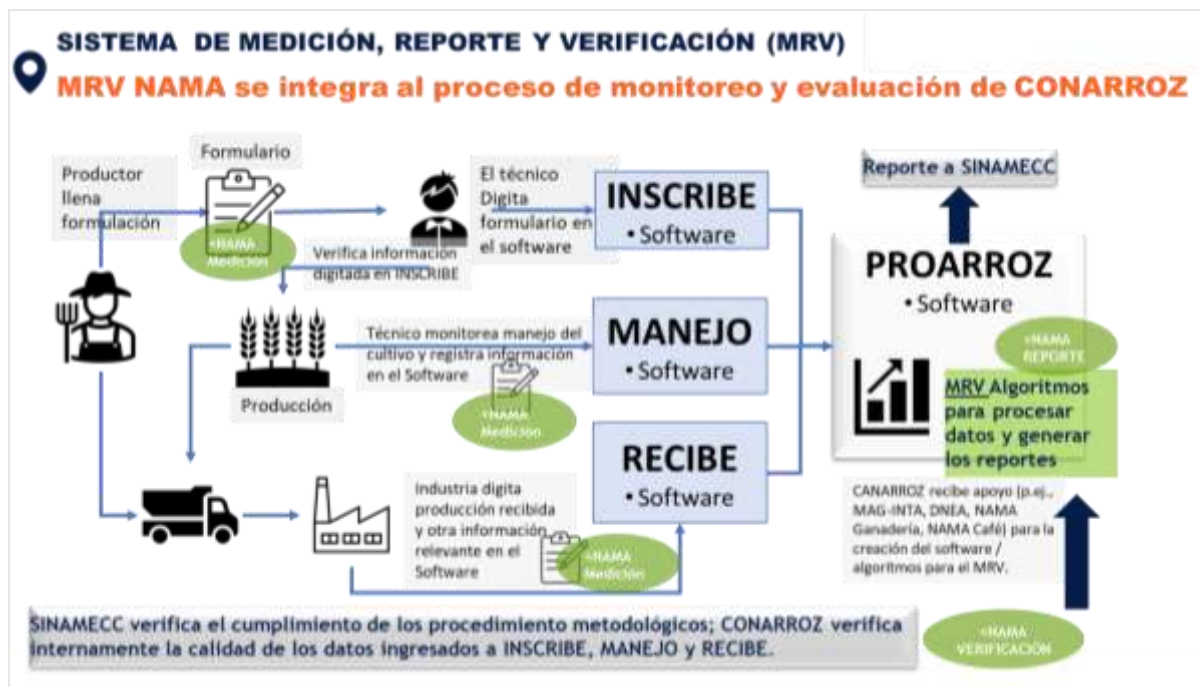
- El SINAMECC ya que este es el encargado de medir el progreso de las ambiciones climáticas nacionales.
- El SIMOCUTE (Sistema Nacional de Monitoreo de Cobertura y Uso de la Tierra y Ecosistemas), para monitorear y verificar el cambio forestal en las fincas arroceras.
- SINIA ya que es el Sistema Nacional de Información Ambiental en el MINAE.
- El Sistema de Registro de Explotaciones Agropecuarias (SIREA) en SENASA.

El sistema MRV de la NAMA Arroz está diseñado para ser consistente con los principios de transparencia, exhaustividad y mejora continua como se establece en las directrices del IPCC de 2006 (IPCC, 2006) para el Inventario Nacional de GEI. También se busca que el MRV ofrezca una cobertura nacional, de forma voluntaria, pragmática, no invasiva y basada en la dinámica actuales que maneja CONARROZ, y que a su vez sea apoyado por los procesos metodológicos nacionales e internacionales para levantar información agroambiental y métricas a nivel de finca.

Compilación y registro de datos. Para recolectar los datos de las actividades (fuentes de emisiones), la NAMA Arroz se apalancará de los procesos de recolección de datos de CONARROZ. Así, se incurrirá en el mínimo esfuerzo para aplicar el MRV de la NAMA. En la **Figura 22** se visualiza el proceso de recolección de datos que utiliza actualmente CONARROZ y las oportunidades de cambio.

⁵³ La UCR ha realizado esfuerzos importantes para calcular la huella de carbono a la puerta de la finca con apoyo de CONARROZ e instituciones internacionales.

Figura 22. Proceso de registro de datos de CONARROZ en el cual se apalancará la NAMA Arroz.



Áreas en verde representa las oportunidades de cambio para alinear los procesos actuales a la NAMA.

Fuente: La presente consultoría con Apoyo de CONARROZ.

A continuación, se detalla y describen las áreas del proceso de recolección de datos de CONARROZ que se puede alinear con el MRV de la NAMA, según lo presentado en la Figura 22:

- El productor se inscribe todos los años a CONARROZ con un formulario. Antes de cada ciclo de producción, el productor interesado en producir arroz llena una boleta estandarizada con información relevante (i.e., información personal, fecha de siembra, área, sistema de producción, variedad, tipo de semilla, germinación, aseguramiento de cultivo, posesión de equipos, fuente de financiamiento).
- El técnico digita la información del productor en el **Software INSCRIBE**. El productor entrega la información al técnico, este verifica la información a través de visitas aleatorias en el campo, y digita la información.
- La información de manejo del cultivo se digita en el **Software MANEJO**. El técnico da seguimiento al manejo de la producción, recolectando la información relevante en un grupo aleatorio de productores (Monitoreo de plagas, enfermedades, desarrollo del cultivo, número de aplicaciones, tipo y cantidad de producto aplicado, análisis de suelo, momento óptimo de cosecha, etc.). El técnico cuenta con un programa de visita durante todo el ciclo productivo (preparación de terreno, siembra, germinación, macollamiento, desarrollo, floración, desarrollo de espiga, cosecha). En cada etapa el técnico provee recomendaciones sobre el manejo de cultivo vía presencial o por medios electrónicos. En función de las recomendaciones adoptadas por el productor, el técnico digita la información de manejo.
- Las arroceras ingresan información a través del **Software RECIBE**. En este software, las arroceras ingresan la información relevante a la guía de entrega (producción entregada por el productor, calidad entregada, relación granos entero/partido, precio pagado en función de la calidad, etc.).
- Toda la información es transferida automáticamente al **Software PROARROZ**.



Para operativizar la medición de actividades (fuentes de emisión) para el MRV de la NAMA Arroz, varias modificaciones menores al proceso de registro se deben realizar con fin de capturar las variables necesarias para el módulo de medición (cálculo de emisiones de GEI) y reporte (indicadores) del MRV.

El formulario de inscripción y manejo que llena el productor y el técnico, respectivamente, se deben modificar para agregar preguntas que capturen todas las fuentes de emisión.

De igual manera, el *formulario RECIBE*, puede incluir variables adicionales para cuantificar emisiones de las industrias. Incluso, este último puede realizar sus cálculos de emisiones correspondientes, y pasarlo a CONARROZ a través de RECIBE con fin de reportar al SINAMECC y armonizarlo con el INGEI.

Seguimiento de datos y registros. CONARROZ da seguimiento anualmente al registro y calidad de datos a nivel de toda la agrocadena. Del registro oportuno de esta información dependen los reportes por cosecha y los informes estadísticos nacionales, los cuales permiten entender el desempeño del sector en el año en curso. Así, CONARROZ cuenta con datos históricos de todos los productores desde hace aproximadamente 20 años, con los cuales pueden ver la evolución del sector en el tiempo. Este proceso de seguimiento debería ser integrado al MRV de la NAMA arroz con fin de identificar las reducciones de emisiones logradas en el tiempo. Para esto último es necesario que CONARROZ designe a cada finca participante un número de "Finca NAMA" único, que permita darle seguimiento a la finca.

Para habilitar el seguimiento de las emisiones y la mitigación lograda de la NAMA Arroz se debe definir un punto de referencia donde se calcule la línea base del sector, diferenciando entre secano y riego. Para ello, se calculó la línea base del sector y la huella de carbono de la producción primaria (ver sección 3) que puede ser usada como punto de referencia. Al momento de implementación del plan piloto, para cada productor NAMA se debe definir una línea base para fin de seguimiento individual.

10.1 Medición

El punto inicial para el diseño del sistema MRV de la NAMA Arroz consiste en **identificar todas las actividades** que son fuentes de emisión de GEI en la agrocadena (fincas, arroceras, transporte, importaciones de arroz, etc.). Por tanto, es esencial definir el alcance de la medición⁵⁴ de GEI, identificando todas las actividades dentro del proceso de producción que deben ser tomadas en cuenta para el cálculo (Quiróz-Rojas et al, 2016). Tomando como referencia las fuentes de emisiones, para cada finca se creará una línea base de emisiones (incluyendo la composición arbórea de la finca). A partir de esta línea base, se calcularán las reducciones de emisiones para cada finca.

Para el plan piloto de la NAMA se calcularán las emisiones desde la finca hasta la puerta de la industria arrocera, considerando todas las actividades de establecimiento del cultivo, manejo, cosecha y transporte de arroz granza hasta la arrocera.

⁵⁴ La medición de GEI se realiza de manera indirecta. Lo que realmente se mide es la actividad que genera las emisiones y su intensidad de uso en el sistema productivo. Por lo tanto, las fuentes de emisiones (i.e., CO₂, CH₄, NO₂, etc.) → (t1), generado por una actividad específica (AD) se calculan multiplicando el factor de emisión específico (EF) con su potencial de calentamiento global (GWP). Así las emisiones transformadas en CO₂eq se calculan a partir de la siguiente relación matemática $AD_{t1} \times EF_{t1} \times GWP_{t1} = CO_{2eq}$.



Para el primer escalamiento, CONARROZ podrá aumentar el alcance de la medición de GEI con los procesos de industrialización en las arroceras⁵⁵. De igual manera, la industria puede usar la huella de carbono calculado en el módulo de Reporte, medir sus emisiones, y determinar la adicionalidad de sus emisiones en la huella de carbono.

Por tal razón, en el **Anexo 9** se detalla una lista de actividades y procesos de producción, que se consideran como fuente de emisión en la producción de arroz. De manera similar, el **Anexo 10** presenta las medidas de mitigación priorizadas para la NAMA Arroz, las variables necesarias para calcular el impacto en emisiones de GEI, y su justificación. El **Anexo 10** también representa la información relevante que se debe recolectar en las fincas NAMA con la finalidad de calcular las emisiones GEI de las medidas y compararlas con la línea base. Una gran parte de las variables ya son recolectadas en los formularios de CONARROZ.

Adicional a las medidas priorizadas para la NAMA, el MRV también debería monitorear las reducciones de emisiones de otras actividades agronómicas y la absorción de carbono. Dentro de estas posibles acciones se encuentran la **labranza mínima** ya que reduce la cantidad de combustible que se usa para la producción; **manejo integrado de plaga** ya que se reducen las aplicaciones de productos químicos y por tanto reduce la cantidad de aplicaciones y combustible; **reducción de combustible fósil**; **mejoras en la cobertura arbórea** de la finca para fines de compensación de emisiones. En el **Anexo 11** se presentan otras variables que deberían ser monitoreadas para calcular el balance de carbono en las fincas.

En el siguiente cuadro, se presenta la plantilla modelo de reporte de los datos NAMA, incluyendo las emisiones (en naranja) y remociones (en verde).

Cuadro 24. Plantilla de Cálculo de Balance de CO₂eq: Emisiones-Remociones.

Categoría que generan emisiones en la producción de arroz	Toneladas de GEI emitidas por ciclo de producción			
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ eq
Gas de efecto invernadero				
+ CH ₄ por descomposición anaeróbica de la Materia orgánica				
+ Fertilización				
+ Uso de combustible fósil durante el ciclo productivo				
- Captura por plantaciones forestales, bosque secundario, cercas vivas.				
Balance de carbono				

Fuente: La presente investigación.

10.2 Reporte

El sistema de reporte integra las mediciones emisiones de GEI, captura de carbono, y datos relevantes para generar los indicadores que se presentan antes el SINAMECC. También es importante mencionar que el reporte ante el SINAMECC, según la guía para el registro de acciones de mitigación del SINAMECC, las NAMAs deben describir los datos de actividad, factores de emisión y otros parámetros para discusión y posible inclusión en el INGEI. Así, el SINAMECC armoniza dicha información para los reportes nacionales.

⁵⁵ La mayor cantidad de emisiones se producen en las fincas de producción debido a la capacidad que tiene el cultivo en generar metano. Por tanto, la huella de carbono del arroz incrementará tangencialmente desde la puerta de la arroceras al consumidor.



Para el reporte del MRV se contará con una herramienta digital que procesan los datos recolectados en campos y en las arroceras para generar reportes de emisiones de GEI, reducciones y huella de carbono por kg de arroz granza. Para fines de automatización, el sistema de reporte de la NAMA Arroz se apalancará del sistema de reporte actual que tiene CONARROZ. Como se visualizó en la Figura 22 el software PROARROZ genera reportes automatizados para los productores, gerentes de regionales de extensión, unidad de estadísticas, y la gerencia general de CONARROZ. Al final de cada ciclo productivo cada Gerente Regional genera un reporte de los indicadores productivos y lo asocia con las condiciones climáticas, presión de plagas y enfermedades, entre otras variables. De igual manera, los encargados de estadísticas generan un informe anual sobre las tendencias del sector.

La creación de la herramienta digital requiere un esfuerzo de programación, donde se incluyan los algoritmos necesarios para transformar los datos recolectados en campo en indicadores reportables. Se sugiere que esta herramienta se cree dentro del programa PROARROZ con rutinas de programación complementarias con el apoyo del MAG-INTA y DNEA. Otra opción podría ser la creación de un programa similar al que tiene la NAMA Ganadería en la plataforma de información de DNEA. Sin embargo, este último sería más complejo por efecto de coordinación, transferencia de información entre plataformas y retroalimentación para los técnicos, productores y gerencia de CONARROZ. Luego de la automatización, CONARROZ podría internalizar los indicadores de reducción de emisiones y la huella de carbono para fines de comunicación interna y campañas de promoción al consumidor final.

La herramienta digital del MRV, a través de alguna interfaz API⁵⁶, podría comunicarse con el SINAMECC con el fin de transferir automáticamente los reportes de las acciones climáticas de mitigación, las cuales deben contener la mitigación del periodo, datos de emisiones de la línea base, metodología, factores de emisión, y datos relevantes a los esfuerzos de mitigación.

Para el reporte de los resultados anuales de la NAMA, el primer paso consiste en aplicar el Proceso General de Registro de Acciones de Mitigación en el SINAMECC para fines de revisión, aprobación, e integración al INGEI. Para ello CONARROZ debe definir un encargado para el MRV de NAMA, quien generará los reportes de mitigación de la NAMA. Esta persona debe de llenar los formularios sugeridos por la Guía de Registro Acciones Climáticas.

Registro general con énfasis en mitigación⁵⁷: Incluye el registro de información general de la acción climática (p.ej., La NAMA ARROZ), el impacto específico en mitigación, los indicadores para monitorear el estado de avance de la acción de mitigación.

En Materia de reporte, se visualizan dos dimensiones de reporte. Un reporte para el SINAMECC y un reporte para la gerencia de CONARROZ. El primer reporte ayudará armonizar y generar datos para el SINAMECC y el INGE, mientras que el segundo ayudará a la toma de decisiones a nivel de sector.

⁵⁶ Application programming interface

⁵⁷ Esta información será utilizada por SINAMECC para apoyar la sección de acciones de mitigación de las Comunicaciones Nacionales, BUR, de los futuros BTR y será un insumo para mejorar las modelaciones que ayudan al país a tomar mejores decisiones sobre las trayectorias de descarbonización.



Para el reporte antes SINAMECC se deben definir indicadores a monitorear con una frecuencia anual, que permitan evaluar el progreso de las acciones NAMA en cuanto a mitigación. Debido a las diferencias entre sistemas de producción, se plantean los siguientes indicadores para reporte ante SINAMECC:

- **Número de fincas implementando medidas NAMA Arroz.**
- **Emisiones reducidas (tCO₂eq) respecto al BAU en fincas NAMA, diferenciando por finca en Secano y Finca en Riego.**
- **Intensidad de emisiones (Kg CO₂eq/Kg de arroz granza) para fincas NAMA con riego y secano⁵⁸**

El MRV debería estar en capacidad de producir reportes de interés para el Gerente de cada regional, el productor y la gerencia de CONARROZ. Por ejemplo, el productor al acceder al software PROARROZ, debería ver la evolución de la intensidad de carbono que tiene el arroz que produce. De igual manera del gerente de cada regional debería poder acceder a dicha información de forma agregada para sus reportes regionales. Así, la gerencia de CONARROZ puede tomar acciones correctivas a través de los mecanismos de asistencia técnica, innovación y desarrollo, financiero y mercado.

10.3 Verificación

El proceso de verificación es una pieza fundamental en el sistema ya que debería garantizar la veracidad de los datos, mediciones y gestión con el fin de asegurar su transparencia y exactitud. Este proceso contempla, además la supervisión por una tercera parte (que no sea la Unidad Ejecutora de la NAMA). La "V" del MRV, se implementa mediante la revisión técnica por pares que se realiza a nivel de la convención (UNFCCC) y no es obligatorio para el país o la NAMA tener validaciones, certificaciones, auditorías si no lo consideran apropiado, o si es demasiado costoso.

Actualmente, la entidad que realiza esta función para otros NAMAs es el SINAMECC⁵⁹ ya que cuenta con un sistema de control de la calidad. Luego que los ejecutores de la NAMA llenan el registro de la Acción Climática del SINAMECC, este realiza una revisión para garantizar que se cumplen con los procesos metodológicos (línea base, factores de emisión, cálculos de mitigación, entre otros). A partir de estas verificaciones, se realizan sugerencias necesarias para armonizar la Acción Climática con el INGEL y para su incorporación en los reportes nacionales (NDC).

Adicionalmente, CONARROZ haría auditorías internas de los registros NAMA (fuentes de emisión y remoción de carbono) para verificar la consistencia de los datos, siguiendo sus protocolos de auditoría de datos que utiliza para los programas de INSCRIBE, MANEJO y RECIBE.

⁵⁸ Si una finca en secano pasa a riego, la línea base de esta debe modificarse por su BAU equivalente en riego. Esto es porque en ausencia de la NAMA, esta finca pasaría a producir bajo las condiciones tradicionales de anegamiento.

⁵⁹ El SINAMECC, a partir del decreto No.42961-MINAE, tiene como fin compilar, gestionar y divulgar la información climática del Estado costarricense (Art. 1). Relevante a los NAMAs, la DCC facilita el registro de los NAMAs (Art. 10d) y para esto efectúa una coordinación estratégica con los sectores (Art. 10h), con el fin de preservar los principios de transparencia, consistencia, comparabilidad, completitud, exactitud, libre acceso a la información, sostenibilidad de flujos de información y mejora continua (Art. 12). Además, como parte del registro de acciones de mitigación la DCC busca la integración de los NAMAs con el INGEL, considerando 1) la meta de toda la economía de la NDC, 2) que este es un requerimiento de la COP, 3) la coordinación estratégica inter-sectorial (Art. 10h).



El MRV ante la convención marco no tiene la obligación de someterse a un proceso de certificación, ya que es un proceso muy caro y las NAMAs deben usar eficientemente sus recursos para lograr las metas de reducción de emisiones. Sin embargo, dado a que el sector está realizando esfuerzo para diferenciar el arroz producido sosteniblemente del arroz tradicional, el MRV podría ser usado para proveer información y facilitar los procesos de verificación ante un OV/V⁶⁰ acreditado por la ECA.

Dependiendo del esquema de diferenciación al que opte el sector arrocero, los algoritmos del MRV podrían modificarse ligeramente para facilitar los procesos de V/V. A continuación, se detalla potenciales opciones de diferenciación y ajustes necesarios en el MRV:

- **Acreditar los procesos de gestión de una finca o industria⁶¹ como carbono neutral.** Para este proceso se requiere que organismos de verificación acreditados por la ECA certifiquen los procesos de gestión, acreditando el proceso como carbono neutral. Este tipo de certificación se basa en la norma "INTE B5:2016" para demostrar la Carbono Neutralidad. Así una finca o industria puede lograr su certificación. Para este caso, el MRV estaría en capacidad de capturar datos de la fuente de emisiones y remociones, para luego estimar el balance de carbono por finca o industria.
- **Acreditación como finca sostenible.** Para este proceso de diferenciación, CONARROZ podría adaptar el estándar y la norma SRP (Sustainable Rice Platform, 2020) a las condiciones del país con el fin de homogenizar el significado de qué es una finca sostenible. Para este proceso de acreditación, los técnicos de CONARROZ podrían aplicar el estándar / check list de la Norma SRP. El MRV, solo requeriría un módulo adicional, donde se procese la información y se calcule el nivel de sostenibilidad de la finca.
- **Etiquetado ambiental de arroz.** Si CONARROZ aplica este mecanismo, facilitaría la comercialización del arroz NAMA bajo en carbono, mientras se logra una diferenciación efectiva contra el arroz producido de manera tradicional. **Si se opta por el etiquetado ambiental tipo I**, la etiqueta simplemente distinguiría el arroz sostenible del tradicional. La verificación y validación se realiza por una OV/V, el cual se basa en la Norma INTE B8:2017⁶² (ISO 14024), evaluando varios criterios de ciclo de vida. **Si se opta por el etiquetado ambiental tipo III**, la etiqueta lograría una diferenciación al indicar el valor de la huella de carbono comparado con el arroz tradicional. Para este etiquetado la OV/V evalúa el cumplimiento de la norma INTE B12:2017 (ISO 14025)⁶³, asegurando que el procedimiento usado para calcular la huella de carbono sigue la norma 14040 sobre el Ciclo de Vida de un producto. Para ambos casos, el MRV debe complementarse con información adicional, que no depende de los productores y los industriales, para luego aplicar los cálculos de emisiones por unidad de producto.
- **Etiquetado del Programa País de Carbono Neutralidad (Categoría de Producto⁶⁴).** Este mecanismo tiene como objetivo general brindar un mecanismo oficial, avalado por el gobierno de Costa Rica, para reconocer la adecuada gestión de emisiones en productos, por medio de una declaración ambiental de


⁶⁰ OV/V Organismos de Verificación y Validación.

⁶¹ En el país aún no se ha liberado la norma para el carbono neutralidad para productos de consumo.

⁶² https://www.inteco.org/en_US/shop/inte-b8-2017-requisitos-generales-del-programa-nacional-de-etiquetado-ambiental-tipo-i-956#attr=

⁶³ https://www.inteco.org/en_US/shop/inte-b12-2017-etiquetado-ambiental-tipo-iii-requisitos-generales-del-programa-nacional-de-etiquetado-ambiental-tipo-iii-1169#attr=

⁶⁴ <https://cambioclimatico.go.cr/programa-pais-carbono-neutralidad/categoria-productos/>



producto confiable y bajo un enfoque de ciclo de vida. Este mecanismo potencializa la acción climática a través de la medición de la huella de carbono, la reducción, y compensación del GEI bajo un enfoque de ciclo de vida del producto. Para encaminar el proceso, CONARROZ debería primero calcular la huella de carbono del producto, incluyendo la adquisición de materia prima, producción, transporte, procesamiento, distribución, hasta el consumo final.

10.4 Planteamiento inicial de la administración del sistema MRV

El sistema MRV debería ser administrado por CONARROZ. Para esto, CONARROZ deberá definir el Departamento dentro de la institución que será responsable de la administración del MRV. Como punto de partida se puede mencionar que el Centro Estadístico Arrocerero por su capacidad de reporte en cuanto a las estadísticas de producción, importaciones y exportación del sector. Este puede apoyarse del Departamento de Tecnología de la Información, quien puede integrar el MRV en el software PROARROZ y corregir bugs en la programación a medida se implemente el plan piloto.

Pasos para la administración del MRV:

- El centro estadístico arrocerero CONARROZ le generará a la Comisión de Alto Nivel los informes necesarios para la toma de decisiones y el seguimiento del NAMA Arroz al esquema de gobernanza que se ha definido para el manejo de la NAMA.
- CONARROZ deberá generar un Manual de Usuario y realizar capacitaciones para los técnicos donde se explique cómo ingresar la información adicional para el MRV, y cómo producir reportes personalizados/regionalizados de mitigación y huella de carbono. Adicionalmente, se entrenarán a los productores en cómo interpretar los indicadores correspondientes en su finca.
- Recolección de datos se hará como se describe en la sección 9.1, donde los técnicos recolectaran la información necesaria para realizar los cálculos de emisiones de la finca NAMA.
- El MRV, luego de ser programado en PROARROZ para los cálculos de emisiones, reducción, y remociones, será supervisado para los potenciales bugs que surjan. Esto estaría a cargo del Departamento de Tecnología de la Información.
- Los reportes de indicadores de la NAMA, agregado y desagregado, se generarán automáticamente con la "R" MRV. Los técnicos regionales utilizarán dicha información para complementar sus reportes por ciclo de producción con datos de emisiones, mitigación y huella de carbono. De igual manera lo haría el centro estadístico.
- El encargado del MRV llenaría los formularios del SINAMECC (anexo 4). Al inicio del plan piloto, este debería llenar el formulario. Para completar la cadena causal del impacto de emisiones y remociones, puede usar los insumos generados por esta consultoría (doc. 1-5) más otros insumos que se recolecten durante el levantamiento de la línea base.
- EL SINAMECC verificará el contenido de los formularios, haciendo sugerencias donde vea que es pertinente para así armonizar la información de la NAMA con el INGEI.
- Los reportes de SINAMECC serán actualizados anualmente, especialmente la sección de indicadores. Dicha actualización podría generarse automáticamente a través de alguna aplicación de interfaz (API)



entre el MRV en PROARROZ y la plataforma de SINAMECC. Por el momento otros NAMAs en el país realizan dicho reporte de manera manual.

Para fines de seguridad y confidencialidad de la información, CONARROZ deberá integrar el MRV a su Manual de Prácticas y Procedimiento de Manejo de la Información y Reporte.

10.5 Metodología de cálculo de emisiones de GEI y secuestro de C

Para construir los indicadores que se reportarán al SINAMECC, primero se deben calcular las emisiones de GEI, usando las metodologías del IPCC y los procedimientos nacionales. Las fórmulas y su descripción se presentan en los anexos de la siguiente manera:

- 1) Las fórmulas para calcular las emisiones de CH₄ relacionadas a los regímenes hídricos (M1) y variedades (M3) se presentan en el **Anexo 12**.
- 2) Las fórmulas para calcular las emisiones de N₂O, relacionadas a fertilización (M3), se presentan en el **Anexo 13**. Los factores de emisiones cambian en función del sistema de producción. En el cálculo se considera tanto el fertilizante nitrogenado inorgánico como el orgánico.
- 3) Las fórmulas para calcular las emisiones relacionada al consumo de combustible fósil se presentan en **Anexo 14**. También se presentan los factores de emisiones.
- 4) Las fórmulas para calcular las remociones de CO₂ a través de bosque secundario se presentan en el Anexo 15. Las fórmulas están dadas por Cifuentes et al 2008, así como los parámetros para diferentes condiciones climáticas de los bosques.
- 5) Remoción de C a través de Plantaciones Forestales, en Anexo 16.
- 6) Remoción de CO₂ con árboles en finca Anexo 17.

11 Consideraciones finales

Costa Rica ha demostrado tener ambiciones climáticas relevantes en materia de mitigación en el sector agropecuario. Los diferentes marcos de política nacional, así como lo comprometido en la esfera internacional dan prueba de ello. En este contexto, el país ha priorizado el sector arrocero para contribuir a sus metas nacionales de mitigación.

El transitar hacia esquemas de producción de arroz bajo en emisiones reviste de una complejidad importante. Implica no solo tener claro el estado actual de la producción nacional sino también determinar qué medidas se deben implementar para transformar la producción tradicional hacia modelos de producción que logren reducir emisiones y maximizar el secuestro de carbono, mientras se mejoran los índices de productividad, rentabilidad y resiliencia climática. Sin embargo, para la transformación deseada es inherente alinear los mecanismos de asistencia técnica, investigación, innovación, comercialización y financiamiento hacia las prioridades NAMA. Además, esto implica contar con una gobernanza ágil y efectiva que permita legitimar la ruta de cambios en las altas esferas pública y privada del sector.

Bajo este contexto, se priorizaron las medidas NAMA con mayor potencial de reducción de emisiones, a saber: (i) cambios en los regímenes hídricos; (ii) prácticas de fertilización que reduzcan emisiones; y (iii) Uso de



variedades de arroz adaptadas. El análisis económico desarrollado arroja que las medidas ii y iii generan reducciones de emisiones mientras mejoran la eficiencia en costo de la finca. Por el contrario, cambios en los regímenes hídricos incrementan ligeramente el costo de producir un kg de arroz. Sin embargo, este último tiene 10 veces mayor potencial de reducir la intensidad de emisiones que las demás medidas. Cuando estas medidas se analizan de manera integral dentro de un paquete de intervención para una finca de arroz anegada, el margen de ganancia incrementa 9.2%, la relación beneficio-costos incrementa de 1.22 a 1.36, y el paquete de medidas genera una rentabilidad promedio mensual (TIR) de 21.65%. De manera similar, en arroz en secano el margen de utilidades incrementa a 9.7%, la relación beneficio-costos incrementa de 1.15 a 1.28, y la TIR es de 89.74%.

Para alcanzar el objetivo de transformar el sector se ha propuesto un plan piloto de dos años, equivalente a 4 ciclos de producción. Con este se espera transformar 3.803 ha (20 productores), a través del programa de transferencia de CONARROZ y los mecanismos propuestos para la NAMA. Se prevén escalamientos secuenciales hasta el 2032 con el propósito de transformar el 40%. Otros escenarios de intervención son posibles, lo cual depende de las condiciones de financiamiento externo.

El potencial de mitigación de la NAMA se deriva del plan de intervención y las medidas priorizadas. Considerando las tendencias del sector se elaboró una línea base para arroz secano y riego. A partir de esta línea base y los escenarios de intervención se determinó el potencial de mitigación acumulado de la NAMA al 2030. En el escenario 1, donde intervienen 3.803 ha, se determinó un potencial de mitigación de 78.2 Gg, lo cual es equivalente a reducir 2,4% del BAU. En el escenario 2 (1.369 ha) se genera un potencial de mitigación de 351.7 Gg (10% del BAU) dado a que se asume que una mayor proporción de productores pasará de secano a riego en los próximos años. En el escenario 3 se asume que con la disponibilidad de recursos externos se podría transformar 13.447 ha, generando una mitigación potencial de 662,5 Gg de CO₂eq (20,5% del BAU).

La inversión para financiar el modelo de producción bajo en carbono en las 3.803 ha metas ascienden a USD 8.37M. Para financiar la transformación del 40% del área arrocera se requiere un total de 33.41M hasta el 2030. Por otro lado, para financiar las acciones habilitadoras se requieren USD 0.82M y USD 6.25M para el plan piloto y los primeros 3 escalamientos de la NAMA. Estas acciones habilitadoras tienen el rol de movilizar el engranaje operativo de la NAMA para así lograr que el productor aplique el modelo de producción NAMA, supla arroz bajo en carbono a la industria, y se logre una diferenciación efectiva del arroz NAMA al final de la cadena productiva, donde el consumidor compre arroz NAMA de manera informada.

El costo de la NAMA varía según el escenario de intervención NAMA, variando de USD 3,90 a 35,70 por tonelada de CO₂eq reducido.



Referencia bibliográfica

- Abarca-Monge, S. 2016. Emisión de gases de efecto invernadero y absorción de carbono en fincas ganaderas. *Avances Tecnológicos* 11(1): 71-76 ISSN-1659-0538. Consultado 06 mar. 2019. Disponible en http://revista.inta.go.cr/index.php/alcances_tecnologicos/article/view/30/18.
- Acuerdo de París, (2015). Recuperado de: https://unfccc.int/files/meetings/paris_nov_2015/application/pdf/paris_agreement_spanish_.pdf
- Acuerdo N° 001-MAG. (2012). Recuperado de: <https://www.fao.org/faolex/results/details/es/c/LEX-FAOC012354/>
- BID, CONARROZ, MAG. 2020. Lineamientos de la estrategia de NAMA Arroz (Nota Conceptual).
- Chirinda N, Arenas L, Katto M, Loaiza S, Correa F, Isthitani M, Loboguerrero AM, Martínez-Barón D, Graterol E, Jaramillo S, Torres CF, Arango M, Guzmán M, Avila I, Hube S, Kurtz DB, Zorrilla G, Terra J, Irisarri P, Bayer C. 2018. Sustainable and low greenhouse gas emitting rice production in latin america and the caribbean: A Review on the transition from ideality to reality. *Sustainability*. 10(671): 1–16. <https://doi.org/10.3390/su10030671>
- CEPAL. (2021). El Protocolo De Montreal Relativo a Las Sustancias Que Agotan La Capa De Ozono. Recuperado de <https://observatoriop10.cepal.org/es/tratados/protocolo-montreal-relativo-sustancias-que-agotan-la-capa-ozono>
- Cifuentes-Jara, M (2008). Aboveground Biomass and Ecosystem Carbon Pools in Tropical Secondary Forests Growing in Six Life Zones of Costa Rica. Dissertation. Oregon State University.
- CONARROZ. (2020a). Tecnología y eficiencia pilares del sector. *Revista arrocera*. Número 31. 23 pág.
- CONARROZ. (2020b). Informe Anual 2020. Centro Estadístico Arrocero. Unidad de Control Estadístico Arrocero. Área de Operaciones. CONARROZ. San José, CR. 44 p. p
- CIGRAS. (2016). Centro para Investigaciones en Granos y Semillas. Recuperado de <http://www.cigras.ucr.ac.cr/>
- Constitución política, (1949), art.130. Recuperado de: <https://reformaspoliticas.org/wp-content/uploads/2015/03/costaricaconstitucionalreforma2003.pdf>
- Davis, Babu, and Ragasa. (2020). Agricultural extension: Global status and performance in selected countries. Recuperado de: <https://ebrary.ifpri.org/digital/collection/p15738coll2/id/133965>
- Duncan Clark. 2009. The Guardian. A complete guide to carbon offsetting. Recuperado de: <https://www.theguardian.com/environment/2011/sep/16/carbon-offset-projects-carbon-emissions>
- Eory, V., Pellerin, S., Carmona Garcia, G., Lehtonen, H., Licite, I., Mattila, H., Lund- Sørensen, T., Muldowney, J., Popluga, D., Strandmark, L., Schulte, R., 2018. Marginal abatement cost curves for agricultural climate policy: state-of-the art, lessons learnt and future potential. *J. Clean. Prod.* 182, 705–716. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.252>.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2011. Generalizando la evaluación del balance de carbono en agricultura Ex – Act: una herramienta para medir el balance de carbono. Consultado 06 mar. 2019. Disponible en http://www.fao.org/fileadmin/templates/ex_act/pdf/Policy_briefs/Policy_brief_ES_mainstreaming.pdf



- FAO. 2020. Food Outlook – Biannual Report on Global Food Markets – November 2020. Rome. Recuperado de: <https://doi.org/10.4060/cb1993en>
- Gogoi, N., Baruah, K., Gogoi, B., Gupta, P.K. (2008) Methane emission from two different rice ecosystems (Ahu and Sali) at lower Brahmaputra Valley zone of North East India. *Applied Ecology and Environmental Research* 6, 99-112
- Huang, S.K., Kuo, L., Chou, K.L., (2016). The applicability of marginal abatement cost approach: a comprehensive review. *J. Clean. Prod.* 127, 59–71. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.04.013>
- INTA. 2009. Cultivo de arroz (*Oryza sativa*). Manual de Recomendaciones Técnicas. Compilado por: Roberto Tinoco y Alonso Acuña. INTA. San José, C.R. 78p.
- INTA. (2021). ¿Qué es el INTA? Recuperado de <https://www.inta.go.cr/> Meirovich, H., Peters, S., Rios, A. BID. (2013). Instrumentos y mecanismos financieros para programas de cambio climático en América Latina y el Caribe.
- INTECO (Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica). 2016. Norma para demostrar la Carbono Neutralidad. Requisitos. INTE B5:2016.
- IPCC 2006, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. y Tanabe K. (eds). Publicado por: IGES, Japón.
- IPCC 2019, 2019 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme.
- Lashof, D. A., & Tirpak, D. A. (1990). Policy Options for Stabilizing Global Climate. New York: Hemisphere Publishing. Ley de creación de la Corporación Arrocera. Ley 8285 del 2002. Recuperada de http://www.pgrweb.go.cr/SCIJ/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=48716&nValor3=51957&strTipM=TC
- Ley de la Oficina Nacional de Semillas. N° 6289 de 1979. Do:7. Recuperado de http://ofinase.go.cr/wpcontent/uploads/2017/09/ley_semillas6289.pdf
- Ley de protección fitosanitaria. N° 7664. Recuperado de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/cos187669.pdf>
- Ley de Promoción de la Competencia y Defensa Efectiva del Consumidor. Ley N° 7472. Recuperada de <http://oimp.ciem.ucr.ac.cr/sites/default/files/recursos/Ley%207472.%20Ley%20de%20Promoción%20de%20la%20Competencia%20y%20Defensa%20Efectiva%20del%20Consumidor-a.pdf>
- Lütken, S. (2014). Frontmatter. In *Financial Engineering of Climate Investment in Developing Countries: Nationally Appropriate Mitigation Action and How to Finance It* (pp. I-IV). Anthem Press.
- Jiang, H.D., Dong, K.Y., Zhang, K., Liang, Q.M., 2020. The hotspots, reference routes, and research trends of marginal abatement costs: a systematic review. *J. Clean. Prod.* <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119809>.
- Meirovich, H., Peters, S., Rios, A. BID. (2013). Instrumentos y mecanismos financieros para programas de cambio climático en América Latina y el Caribe.



- MINAE, IMN. 2021. Inventario Nacional de emisiones por fuentes y adsorción por sumideros de Gases de Efecto Invernadero. Costa Rica, 1990-2017. San José, C.R. Recuperada de: https://cambioclimatico.go.cr/wp-content/uploads/2021/12/NIR-1990-2017-InventarioGEI_Costa-Rica.pdf?x25339
- MINAE. (2015). Contribución Nacionalmente Determinada. Recuperado de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/cos187669.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Energía. (2018). Plan de Descarbonización. Recuperado de <https://cambioclimatico.go.cr/wp-content/uploads/2019/11/PLAN-NACIONAL-DESCARBONIZACION.pdf?x95858>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2014). Acerca del MAG. Recuperado de http://www.mag.go.cr/acerca_del_mag/
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). 2019. NAMA Ganadería 2019. 114 pág.
- Moran, D., Macleod, M., Wall, E., Eory, V., McVittie, A., Barnes, A., Rees, R., Topp, C.F. E., Moxey, A., 2011. Marginal abatement cost curves for UK agricultural greenhouse gas emissions. *J. Agric. Econ.* 62, 93–118. <https://doi.org/10.1111/j.1477-9552.2010.00268.x>.
- Neue, H.U. (1993) Methane emission from rice fields: Wetland rice fields may make a major contribution to global warming. *BioScience* 43, 466-473.
- Oficina Nacional de Semillas. (2020). Certificación de Semilla de Arroz. Recuperado de <http://ofinase.go.cr/certificacion-de-semillas/certificacion-de-semilla-de-arroz/>
- Plan Nacional de Descarbonización. (2018). <https://cambioclimatico.go.cr/wp-content/uploads/2019/11/PLAN-NACIONAL-DESCARBONIZACION.pdf?x25339>
- Prensa MAG, 2019. MAG crea oficina sectorial de acciones climáticas y descarbonización. Recuperado de: <https://www.elmundo.cr/costa-rica/mag-crea-oficina-sectorial-de-acciones-climaticas-y-descarbonizacion/>
- Presidencia CR. (2017). Conformen pitta-arroz para fortalecer investigación y transferencia de tecnología. Recuperado de <https://www.presidencia.go.cr/comunicados/2017/03/conforman-pitta-arroz-para-fortalecer-investigacion-y-transferencia-de-tecnologia/>
- Qian, Li; Chen, Li; Joseph, Stephen; Pan, Genxing, Li, Lianqing; Zheng, Jinwei; Zhang, Xuhui; Zheng, Jufeng; Yu, Xinyan and Wang, Jiafang. 2014. Biochar compound fertilizer as an option to reach high productivity but low carbon intensity in rice agriculture of China. *Carbon Management*. 5(2): 145-154.
- Quiroz, R; Schirmeier, N; Jimenez, G; Musmanni, S & Vargas, V. 2016. NAMA Café Costa Rica-El Sistema MRV de la huella de carbono en la producción y el procesamiento del café verde. *NAMA Facility*. 4 pág.
- Russo, R. (2009). Guía práctica para la medición de la captura de carbono en la biomasa forestal. Unidad de Carbono Neutro, Universidad EARTH. Limón, Costa Rica.
- Sass, R.L., Fisher, F.M., Wang, Y.B., Turner, F.T., Jund, M.F. (1992) Methane emission from rice fields: The effect of floodwater management. *Global Biogeochemical Cycles* 6, 249-262
- Sers, C.F. and M. Mughal. Covid-19 outbreak and the need for rice self-sufficiency in West Africa. *World Development*, 135 (2020). Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2020.105071>



Servicio Fitosanitario de Estado. (2015). Comunicado de prensa. Recuperado de <https://www.sfe.go.cr/Prensa2015/01%20SFE%20vigila%20plantaciones%20de%20arroz.pdf>

Anexos

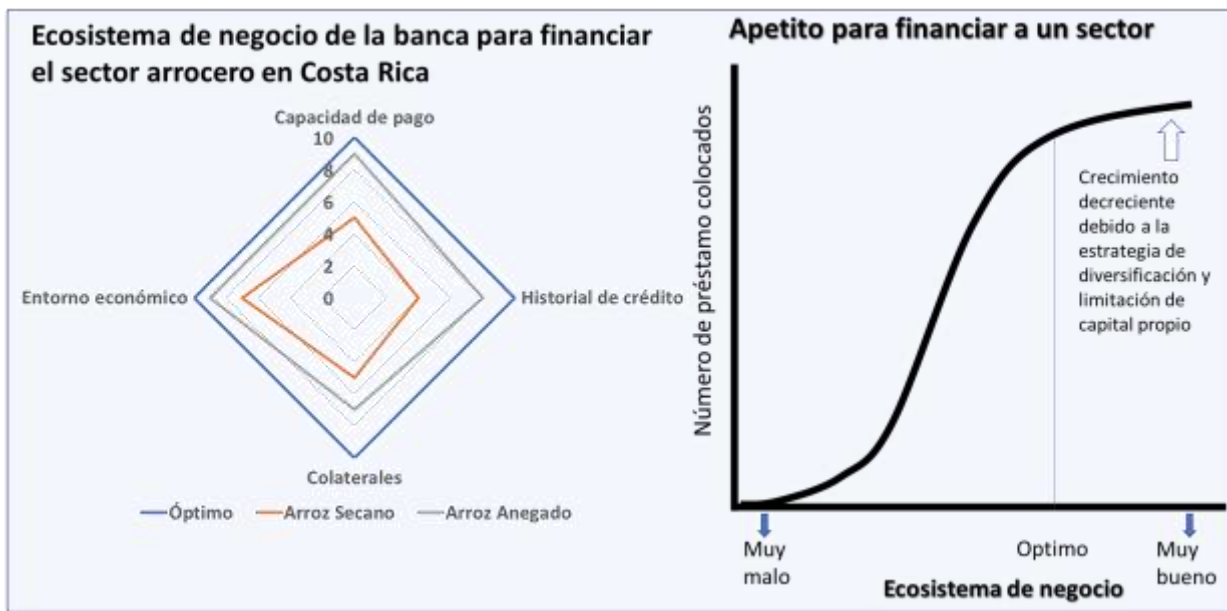
Anexo 1. Marco conceptual para analizar barreras para financiar producción baja en carbono desde la perspectiva de la banca

La figura debajo muestra que cuanto más saludable es el ecosistema de negocios, mayor es el apetito de las instituciones financieras por colocar créditos. A medida que el ecosistema empresarial mejora, el apetito por financiamiento del sector aumenta hasta el límite que dicta la estrategia de diversificación del riesgo del banco y su propia limitación de capital. Debido a la necesidad de movilización de recursos financieros, se espera que la NAMA arroz genere las condiciones habilitadoras para incrementar el apetito del sector bancario para financiar a los productores arroceros.

El ecosistema de negocio de la banca para financiar el sector arrocero depende de cuatro dimensiones: (i) La capacidad de pago técnico luego de implementar el paquete de medidas. Este depende de la capacidad de generar flujo de efectivo positivo para cumplir con las obligaciones financieras; (ii) La disponibilidad de garantías/colaterales para respaldar el préstamo; (iii) El historial crediticio y (iv) El entorno económico.

La parte izquierda de la figura compara el ecosistema de negocio para la banca que representan los productores de arroz en secano versus arroz anegado. Como se puede visualizar en la figura debajo, el ecosistema de negocio del arroz en secano es relativamente pobre comparado con el arroz producido con riego. El marco conceptual usado en la figura de arriba nos permite entender las causas raíz que desincentivan a los bancos para financiar el sector arrocero, con lo cual se pueden alinear mejor las acciones NAMA para catalizar la movilización de recursos.

Ecosistema de negocio del sector arroz para ser financiado por el sector bancarios.



Fuente: La presente investigación.



Anexo 2. Flujos e indicadores financieros para finca (1 ha) de arroz anegado antes de intervención.

DETALLE	mes 1	mes 2 0-30 días	mes 3 30-60 días	mes 4 60-90 días	mes 5 90-120 días	mes 6	mes 7	mes 8	mes 9 0-30 días	mes 10 30-60 días	mes 11 60-90 días	mes 12 90-120 días	TOTAL	(%) del costo TOTAL
INGRESOS	-	-	-	-	€1.603.203	-	-	-	-	-	-	€1.603.203	3.206.407	
COSTOS VARIABLES	€226.257	€356.942	€207.795	€232.415	€177.633	€0	€0	€188.469	€394.730	€152.158	€232.415	€177.633	2.346.447	87%
A) Mano de obra directa	€0	€14.848	€14.848	€14.848	€14.848	€0	€0	€0	€14.848	€14.848	€14.848	€14.848	118.784	4%
B) Labores mecanizadas	€113.892	€58.326	€25.672	€36.273	€147.156	€0	€0	€113.892	€58.326	€25.672	€36.273	€147.156	762.639	28%
C) Paquete tecnológico por hectárea	€49.965	€283.768	€163.676	€177.695	€15.628	€0	€0	€12.177	€321.556	€108.039	€177.695	€15.628	1.325.827	49%
D) Otros costos variables	€82.400	€0	€3.599	€3.599	€0	€0	€0	€82.400	€0	€3.599	€3.599	€0	139.197	5%
COSTOS FIJOS	€9.414	€9.414	€9.414	€9.414	€75.782	€7.577	€7.577	€9.414	€9.414	€9.414	€9.414	€75.782	242.033	9%
E) Otros costos fijos	1.837,35	1.837,35	1.837,35	1.837,35	1.837,35	-	-	1.837,35	1.837,35	1.837,35	1.837,35	1.837,35	18.374	1%
F1) Gastos de ventas	€0	€0	€0	€0	€66.368	€0	€0	€0	€0	€0	€0	€66.368	132.736	5%
F2) Gastos administrativos	€7.577	€7.577	€7.577	€7.577	€7.577	€7.577	€7.577	€7.577	€7.577	€7.577	€7.577	€7.577	90.923	3%
COSTOS TOTALES	€235.671	€366.356	€217.210	€241.829	€253.415	€7.577	€7.577	€197.883	€404.144	€161.573	€241.829	€253.415	2.588.480	
UTILIDADES (INGRESOS - COSTOS)	-€235.671	-€366.356	-€217.210	-€241.829	€1.349.788	-€7.577	-€7.577	-€197.883	-€404.144	-€161.573	-€241.829	€1.349.788	617.927	
Gastos financieros					-€88.317								-€33.648	4%
Flujo de caja	-€235.671	-€366.356	-€217.210	-€241.829	€1.263.472	-€7.577	-€7.577	-€197.883	-€404.144	-€161.573	-€241.829	€1.316.141	517.962	
Flujo de caja descontados	(233.731)	(360.350)	(211.890)	(233.964)	1.231.509	(7.210)	(7.151)	(185.221)	(375.170)	(148.754)	(220.811)	1.191.860		
MARGEN DE GANANCIA anual	439.114												16,2%	
VAN (10% anual, 10%/12=0,83% mensual)	5439.114													
Relación B/C														
TIR, mensual	8,48%													

DETALLE TÉCNICO DEL FLUJO DE CAJA:

Ciclos de producción: Se asume dos ciclos. El tiempo ocioso entre ciclo y ciclo depende de las condiciones climáticas, especialmente para la cosecha.

Preparación de Terreno (B1): 1) Rastreada fuerte, 2) Rastreada liviana, 3) Taipas, 4) Rufa, 5) Compactación. Si hay maleza natural, se pasa la rastra. Se realiza una quema con herbicida para agotar malezas y eliminar el rebrote de rizomas luego de la rastra. Se deja, 8-15 días para que descomponga la materia orgánica. Luego de 22 días se pasa rastra nuevamente o aplica un herbicida. Taipas: Algunos productores lo están adoptando, pero su adopción no es generalizada. El costo de la Taipa incluye, tractores y el levantamiento topográfico (RTK o satelital) que determina donde van las curvas a nivel. CONARROZ da ese servicio con la idea de transferir la tecnología. Se asume no se pierde terreno porque se siembra encima de las taipas. Impacto de las Taipas "ahorra el agua y mejora la productividad". Rufas: Se realiza luego de hacer las Taipas para nivelar el suelo. Finalmente se realiza una compactación con un tractor y un rodillo, lo que permite que el arroz y las malezas germine uniformemente.



Siembra (B2): La siembra se realiza con maquinarias de manera directa en los sistemas de producción con riego. Solo una industria en el país está probando la siembra por trasplanta (EL Pelón de la Bajura). Para arroz en secano, el método de siembra depende de la disponibilidad de equipos en la región. Algunos productores realizan la siembra al boleó (p.e., Región Atlántica), mientras que otras regiones utilizan maquinarias (chorotera, pacífico central).

Aplicaciones (B3): Se realizan de 5-7 aplicaciones de plaguicidas por año, las cuales son terrestres y aéreas. Las aplicaciones aéreas de plaguicidas se realizan con aviones, principalmente en las fincas grandes, y se hacen principalmente para proteger la espiga del arroz. En los sistemas secano, las aplicaciones son generalmente con motobomba o maquinarias con sprayboom. Aplicaciones de fertilizantes: Se realizan aproximadamente 4 aplicaciones antes de los 60 días.

Paquete tecnológico (C3): La Quema → Se hace antes de la preparación de la tierra para la siembra con el de matar toda la maleza del terreno, incluyendo rizomas. En la región Huetar Norte se hace antes de meter la rastra. También se puede realizar luego de meter la rastra. En la región Pacífico Central y Chorotega se realiza luego de meter rastra. Para el segundo ciclo se realiza luego de meter la rastra. Sello → Son herbicidas pre-emergentes que se aplican luego de la siembra de arroz (mecanizada o al boleó). Algunos productores aplican pre-emergente luego de pasar el rolo compactador. En el Pacífico Central se da al momento de la siembra o 5 días después. En la Región Chorotega es antes o inmediatamente después de la siembra. Herbicidas Post-Emergente → Se aplican a los 15 días de la siembra. Algunos productores aprovechan esta aplicación para aplicar un resello. Después se esperan 10-15 días para evaluar los rebrotes de malezas. Raticida → Se aplican durante el crecimiento vegetativo de la planta de arroz, dependiendo de la población de ratones. El problema de las ratas es cíclico (p.ej., cada 3 años), y dependen de la cercanía de plantaciones susceptibles a ratas como la caña de azúcar. Insecticidas → Se compran y aplican a los 30, 50, 80 y 100 días después de la siembra. Se aprovecha aplicaciones de herbicidas y otros plaguicidas para reducir costos. Las aplicaciones de insecticidas dependen de un monitoreo y del umbral de daños esperado, por tanto, con el Manejo Integrado de Plaga se puede reducir las necesidades de aplicaciones de plaguicidas en general. Acaricidas → Se aplica entre los 60-90 días dependiendo del momento de espigación del cultivo. Fungicidas → Se realiza en función del monitoreo, condiciones ambientales, y recursos del productor. Por lo general se realizan aplicaciones preventivas a los 45 días (coincide con la aplicación de herbicidas e insecticida) y otra a los 60 días. A la espiga se le aplica fungicida a los 75 y 90 días. Algunas regiones son más susceptibles a enfermedades fungosas que otras (p.ej., en Atlántica Central se aplica fungicida de 30-35 días después de la siembra y en chorotega luego de los 50 días). Bactericidas → Se hace una aplicación preventiva 45, 70 y 85 días (Huetar Norte), Pacífico central se aplican a los 30-35 días después de la siembra, En Chorotega después de los 60 días. Fertilizantes → Todas las fertilizaciones se deben realizar antes de los 60 días luego de la siembra. Se realizan al momento de sembrar, a los 10-12, 30 y 45 días luego de la siembra. Los fertilizantes cambian dependiendo si es secano o riego. El fertilizante fosforado (p.ej, 18-46-0) se aplica típicamente en la siembra por el tiempo que demora el P en hacerse disponible. Los fertilizantes nitrogenados y azufrados (p.ej., 23-0-21-3-(0.3 Zn)-(2.5 S) y El 22-6-16. 5.4-(0.3 Zn)-(4.9 S)) se aplica 12-30 y 40-60 días. Los fertilizantes ricos en Potasio (p.ej., El 26-0-26) se aplican entre los 40-60 días para ayuda a llenar el grano. La demanda estimada de NPK en secano 120/60/80 kg de NPK, mientras que en riego se estima en 200/60/80 kg de NPK. Productos de aplicación foliar → Se aplica Zinc y Boro a los 60 días, típicamente en conjunto con el acaricida (Región Huetar Norte). En el Pacífico Central se aplica Multiminerales (p.ej., Calcio, Boro, Magnesio) a los 75 y 90 días. Las aplicaciones de Foliar Potasio se dan momento de espiga, cerca de los 90 días. Coadyuvante y reguladores de PH → Se compran y aplican durante todas las aplicaciones de herbicidas y plaguicidas.

Otros costos variables (D1): Alquiler del terreno → Aproximadamente el 50% del área de producción es alquilada. Se realiza un pago por cada ciclo de producción o por año, realizable antes de la siembra. Transporte de insumo → los productores compran y transportan los insumos al momento de uso. Seguro → se considera el aseguramiento del cultivo en la línea base, aunque solo el 4% del área es asegurada a nivel nacional, principalmente los sistemas de producción anegado.

Anexo 3. Flujos e indicadores financieros para para una finca (ha) de arroz anegado luego de aplicar paquete de intervención.

DETALLE	mes 1	mes 2 0-30 días	mes 3 30-60 días	mes 4 60-90 días	mes 5 90-120 días	mes 6 60-30 días	mes 7 30-60 días	mes 8 60-90 días	mes 9 90-120 días	mes 10	mes 11	mes 12	TOTAL	(%) del costo TOTAL
INGRESOS	-	-	-	-	€1.688.363	-	-	-	€1.346.691	-	-	-	3.030.054	
COSTOS VARIABLES	€231.505	€343.131	€188.505	€215.410	€182.461	€243.227	€171.529	€199.792	€193.029	€0	€0	€0	1.968.588	87%
A) Mano de obra directa	€0	€14.848	€14.848	€14.848	€14.848			€14.848	€14.848	€0	€0	€0	89.088	4%
B) Labores mecanizadas	€115.031	€58.326	€18.725	€36.273	€153.289	€18.725	€25.672	€24.496	€114.812	€0	€0	€0	565.348	25%
C) Paquete tecnológico por hectárea	€54.074	€269.957	€151.334	€160.690	€14.324	€165.578	€142.257	€156.849	€63.369	€0	€0	€0	1.178.432	52%
D) Otros costos variables	€82.400	€0	€3.599	€3.599	€0	€58.924	€3.599	€3.599	€0	€0	€0	€0	135.721	6%
COSTOS FIJOS	€9.414	€9.414	€9.414	€9.414	€75.782	€9.414	€9.414	€9.414	€75.782	€0	€0	€0	217.464	10%
E) Otros costos fijos	1.837,35	1.837,35	1.837,35	1.837,35	1.837,35	1.837,35	1.837,35	1.837,35	1.837,35	-	-	-	16.536	1%
F1) Gastos de ventas	€0	€0	€0	€0	€66.368	€0	€0	€0	€66.368	€0	€0	€0	132.736	6%
F2) Gastos administrativos	€7.577	€7.577	€7.577	€7.577	€7.577	€7.577	€7.577	€7.577	€7.577	€0	€0	€0	68.192	3%
COSTOS TOTALES	€240.919	€352.545	€197.920	€224.825	€258.243	€252.641	€180.943	€209.207	€268.811	€0	€0	€0	2.186.053	
UTILIDADES (INGRESOS - COSTOS)	-€240.919	-€352.545	-€197.920	-€224.825	€1.425.120	-€252.641	-€180.943	-€209.207	€1.077.880	-	-	-	844.001	
FINANCIAMIENTO														
UTILIDADES ACUMULADAS	-€240.919	-€593.464	-€791.384	-€1.016.208	€408.912	€156.271	-€24.672	-€233.879	€844.001	€844.001	€844.001	€844.001		
Necesidad de capital de trabajo	-€240.919	-€352.545	-€197.920	-€224.825	-	-	-€180.943	-€209.207	-	-	-	-		
Financiamiento @ 12.5%/año	-€1.016.208						-€390.150						(1.406.358)	
Gastos financieros (6 meses)					-€83.513				-€12.192				(75.705)	3%
Flujo de caja	-€240.919	-€352.545	-€197.920	-€224.825	€1.381.807	-€252.641	-€180.943	-€209.207	€1.065.888	-	-	-	768.296	
Flujo de caja descontado	(238.936)	(346.765)	(193.072)	(217.513)	1.306.481	(240.417)	(170.771)	(195.820)	989.286	-	-	-		
MARGEN DE GANANCIA anual	692.474												25,4%	
VAN (10% anual, 10%/12=0.83% mensual)	\$692.474													
Relación B/C	1,36													
TIR, mensual	14,98%													

Supuestos:

- La situación base asume el avío creado por CONARROZ para el año 2019/2020.
- Asume que el productor sigue la producción tradicional de arroz.
- En la situación base se asumen dos ciclos de producción, donde el productor vuelve a preparar el terreno e incurrir en todos los gastos de siembra (labranza, semillas, siembra, control de maleza, etc.).
- La intervención NAMA asume que el productor aprovecha la zoca (retoño), minimizando labranza, costos en semilla, y gastos relacionados a la resiembra y control de maleza.
- La intervención NAMA asume que el productor adopta las medidas de mitigación priorizadas:

- Adopta y aplica riegos intermitentes (AWD) con lo cual se lograr reducir emisiones de CH4
- Adopta prácticas que reducen la aplicación de fertilizantes nitrogenado inorgánico.
- Adopta variedades más productividad y más resilientes a eventos adversos del clima.
- Se asume que el productor sigue las recomendaciones de los técnicos de CONARROZ
 - Usan información climática para la siembra.
 - Usan bitácora para controlar sus costos de producción.
 - Aplican manejo integrado de plaga, reduciendo en un 10% la cantidad de pesticidas aplicados.
 - Aplican medidas para agotar las malezas en el suelo, y reducir costos en herbicidas.

Anexo 4. Flujos incrementales e indicadores financieros antes y después de la intervención de finca de arroz anegado.

FLUJOS INCREMENTALES	mes 1	mes 2	mes 3	mes 4	mes 5	mes 6	mes 7	mes 8	mes 9	mes 10	mes 11	mes 12	TOTAL
INGRESOS	0	0	0	0	80.160	0	0	0	1.346.691	0	0	-1.603.203	(176.352)
COSTOS	5.248	(13.811)	(19.290)	(17.005)	2.025	245.064	173.366	11.323	(123.141)	(161.573)	(241.829)	(287.063)	(426.686)
Flujo de caja Incrementales	(5.248)	13.811	19.290	17.005	78.135	(245.064)	(173.366)	(11.323)	1.469.832	161.573	241.829	(1.316.141)	250.334
Flujo de caja Incrementales descont	(5.205)	13.585	18.818	16.452	74.972	(233.207)	(163.620)	(10.599)	1.364.457	148.754	220.811	(1.191.860)	253.360
VAN (10% anual, 10%/12=0.83% mensual)	253.360												
TIR, mensual	21,65%												

Anexo 5. Flujos e indicadores financieros para una finca promedio de arroz seco con dos ciclos de producción/año, antes de intervención.

DETALLE	mes 1	mes 2 0-30 días	mes 3 30-60 días	mes 4 60-90 días	mes 5 90-120 días	mes 6	mes 7	mes 8	mes 9 0-30 días	mes 10 30-60 días	mes 11 60-90 días	mes 12 90-120 días	TOTAL Anual	(%) del costo TOTAL
INGRESOS	-	-	-	-	1.339.440	-	-	-	-	-	-	1.339.440	2.678.880	
COSTOS VARIABLES	€225.273	€387.366	€233.569	€69.103	€130.047	€0	€0	€225.273	€377.779	€233.569	€67.181	€130.047	2.079.205	87%
A) Mano de obra directa	€0	€14.848	€14.848	€14.848	€14.848			€0	€14.848	€14.848	€14.848	€14.848	118.784	5%
B) Labores mecanizadas	€151.075	€58.326	€37.449	€24.496	€115.199	€0	€0	€151.075	€58.326	€37.449	€24.496	€115.199	773.089	32%
C) Paquete tecnológico por hectárea	€11.798	€314.192	€177.672	€26.160				€11.798	€304.604	€177.672	€24.238		€1.048.135	44%
D) Otros costos variables	€82.400	€0	€3.599	€3.599	€0	€0	€0	€82.400	€0	€3.599	€3.599	€0	139.197	6%
COSTOS FIJOS		€10.930	€9.092	€9.092	€75.460	€0	€0		€10.930	€9.092	€9.092	€75.460	209.149	9%
E) Otros costos fijos		€1.837							€1.837				3675	0%
F1) Gastos de ventas		€0	€0	€0	€66.368	€0	€0		€0	€0	€0	€66.368	132.736	6%
F2) Gastos administrativos		€9.092	€9.092	€9.092	€9.092	€0	€0		€9.092	€9.092	€9.092	€9.092	72.738	3%
COSTOS TOTALES (no incluye intereses)	€225.273	€398.296	€242.661	€78.195	€205.507	€0	€0	€225.273	€388.708	€242.661	€76.274	€205.507	€2.288.354	
UTILIDADES (INGRESOS - COSTOS)	- 225.273	- 398.296	- 242.661	- 78.195	1.133.933	-	-	- 225.273	- 388.708	- 242.661	- 76.274	1.133.933	390.526	
Gastos financieros					(59.027)								(38.871)	4%
Flujo de caja	-€225.273	-€398.296	-€242.661	-€78.195	€1.074.906	€0	€0	-€225.273	-€388.708	-€242.661	-€76.274	€1.096.081	292.627	
Flujo de caja descontado	(223.418)	(391.765)	(236.718)	(75.652)	1.031.387	-	-	(210.858)	(360.841)	(223.410)	(69.644)	991.657		
MARGEN DE GANANCIA anual													10,9%	
VAN (10% anual, 10/12=0,83% mensual)	230.737													
TIR mensual	5,14%													

Anexo 6. Flujos e indicadores financieros para una finca promedio de arroz seco con dos ciclos de producción/año, después de la intervención.

DETALLE	mes 1	mes 2 0-30 días	mes 3 30-60 días	mes 4 60-90 días	mes 5 90-120 días	mes 6	mes 7	mes 8	mes 9 0-30 días	mes 10 30-60 días	mes 11 60-90 días	mes 12 90-120 días	TOTAL Anual	(%) del costo TOTAL
INGRESOS	-	-	-	-	1.419.806	-	-	-	-	-	-	1.419.806	2.839.613	
COSTOS VARIABLES	€239.868	€372.215	€212.484	€68.195	€136.196	€0	€0	€151.819	€363.586	€212.484	€66.274	€136.196	1.959.317	87%
A) Mano de obra directa	€0	€14.848	€14.848	€14.848	€14.848			€0	€14.848	€14.848	€14.848	€14.848	118.784	5%
B) Labores mecanizadas	€165.670	€58.326	€37.449	€24.496	€121.348	€0	€0	€77.620	€58.326	€37.449	€24.496	€121.348	726.528	32%
C) Paquete tecnológico por hectárea	€11.798	€299.041	€156.588	€25.253				€11.798	€290.412	€156.588	€23.331		€974.808	43%
D) Otros costos variables	€82.400	€0	€3.599	€3.599	€0	€0	€0	€82.400	€0	€3.599	€3.599	€0	139.197	6%
COSTOS FIJOS		€10.930	€9.092	€9.092	€75.460	€0	€0		€10.930	€9.092	€9.092	€75.460	209.149	9%
E) Otros costos fijos		€1.837							€1.837				3.675	0%
F1) Gastos de ventas		€0	€0	€0	€66.368	€0	€0		€0	€0	€0	€66.368	132.736	6%
F2) Gastos administrativos		€9.092	€9.092	€9.092	€9.092	€0	€0		€9.092	€9.092	€9.092	€9.092	72.738	3%
COSTOS TOTALES	€239.868	€383.145	€221.576	€77.288	€211.656	€0	€0	€151.819	€374.516	€221.576	€75.366	€211.656	€2.168.466	
UTILIDADES (INGRESOS - COSTOS)	- 239.868	- 383.145	- 221.576	- 77.288	1.208.151	-	-	- 151.819	- 374.516	- 221.576	- 75.366	1.208.151	671.147	
FINANCIAMIENTO														
UTILIDADES ACUMULADAS	(239.868)	(623.013)	(844.589)	(921.877)	286.274	286.274	286.274	134.455	(240.061)	(461.637)	(537.003)	671.147		
Necesidades de capital de trabajo	(239.868)	(383.145)	(221.576)	(77.288)	-	-	-	-	(374.516)	(221.576)	(75.366)	-		
Financiamiento @ 12.5%/año	(921.877)						(671.458)						(1.593.335)	
Gastos financieros					(57.617)							(27.977)	(85.595)	4%
Flujo de caja	€239.868	€383.145	€221.576	€77.288	€1.150.533	€0	€0	€151.819	€374.516	€221.576	€75.366	€1.180.173	585.552	
Flujo de caja descontado	(237.894)	(376.863)	(216.149)	(74.774)	1.103.952	-	-	(142.104)	(347.666)	(203.998)	(68.816)	1.068.731		
MARGEN DE GANANCIA anual													20,6%	
VAN (10% anual, 10/12=0,83% mensual)	504.419													
Relación C/B	1,28													
TIR, mensual	9,84%													

Los supuestos son similares al sistema de producción anegado con la excepción de que no aprovecha el retoño (zoca) por la incertidumbre climática. Durante el primer ciclo se realizan taipas y mejora la preparación de terreno, se reduce ligeramente la labranza de suelo para el segundo ciclo. Se asume que las taipas generan un impacto en productividad de 1% ya que se mejora la retención y distribución de agua en todo el terreno.



Anexo 7. Flujo de caja incremental e indicadores financieros del paquete de medidas NAMA, arroz en seco con dos ciclos de producción.

FLUJOS INCREMENTALES	mes 1	mes 2	mes 3	mes 4	mes 5	mes 6	mes 7	mes 8	mes 9	mes 10	mes 11	mes 12	TOTAL
INGRESOS	0	0	0	0	80.366	0	0	0	0	0	0	80.366	160.733
COSTOS	14.595	(15.151)	(21.085)	(907)	4.740	-	-	(73.454)	(14.192)	(21.085)	(907)	(4.745)	(132.192)
Flujo de caja Incrementales	(14.595)	15.151	21.085	907	75.627	-	-	73.454	14.192	21.085	907	85.112	292.925
Flujo de caja Incrementales descont	(14.475)	14.903	20.568	878	72.565	-	-	68.754	13.175	19.412	828	77.075	273.683
VAN (10% anual, 10%/12=0.83% mensual)	273.683												
TIR, mensual	89,74%												

Anexo 8. Flujos e indicadores financieros para arroz en seco con solo un ciclo de producción, luego de implementar medidas de mitigación.

DETALLE	mes 1	mes 2 0-30 días	mes 3 30-60 días	mes 4 60-90 días	mes 5 90-120 días	mes 6	mes 7	mes 8	mes 9	mes 10	mes 11	mes 12	TOTAL
INGRESOS					1.406.412								1.406.412
COSTOS VARIABLES	€225.273	€372.215	€197.108	€51.878	€135.171	€0	€0	€0	€0	€0	€0	€0	981.644
A) Mano de obra directa	€0	€14.848	€14.848	€14.848	€14.848								59.392
B) Labores mecanizadas	€151.075	€58.326	€25.672	€11.777	€120.323	€0	€0	€0	€0	€0	€0	€0	367.173
C) Paquete tecnológico por hectárea	€11.798	€299.041	€156.588	€25.253									€492.679
D) Otros costos variables	€62.400	€0	€3.589	€3.589	€0	€0	€0	€0	€0	€0	€0	€0	69.599
COSTOS FIJOS		€10.930	€9.092	€9.092	€75.460	€0	€0	€0	€0	€0	€0	€0	104575
E) Otros costos fijos		€1.837											1837
F1) Gastos de ventas		€0	€0	€0	€66.368	€0	€0	€0	€0	€0	€0	€0	66368
F2) Gastos administrativos		€9.092	€9.092	€9.092	€9.092	€0	€0	€0	€0	€0	€0	€0	36369
COSTOS TOTALES	€225.273	€383.145	€206.200	€60.970	€210.631	€0	€0	€0	€0	€0	€0	€0	€1.086.219
UTILIDADES (INGRESOS - COSTOS)	- 225.273	- 383.145	- 206.200	- 60.970	1.195.781	-	-	-	-	-	-	-	320.193
FINANCIAMIENTO													
UTILIDADES ACUMULADAS	-€225.273	-€608.418	-€814.618	-€875.588	€320.193	€320.193	€320.193	€320.193	€320.193	€320.193	€320.193	€320.193	
Necesidades de capital de trabajo	-€225.273	-€383.145	-€206.200	-€60.970	-	-	-	-	-	-	-	-	
Financiamiento @ 12.5%/año	-€875.588						-						
Gastos financieros					(54.724)								(54.724)
Flujo de caja	(225.273)	(383.145)	(206.200)	(60.970)	1.141.057	-	-	-	-	-	-	-	265.469
Flujo de caja incrementales	(223.418)	(376.863)	(201.150)	(58.987)	1.094.860	-	-	-	-	-	-	-	
MARGEN DE GANANCIA anual													18,9%
VAN (15% anual, 15/12=1.25% mensual)	234.441												
Relación C/B	1,23												
TIR	9,50%												



Anexo 9. Lista de actividades y procesos de producción, que se consideran como fuente de emisión en la producción de arroz.

Actividad o proceso	Tipo de gases y condicionantes	Categorías de emisión según el IPCC
Inundación antes del ciclo de producción <ul style="list-style-type: none"> • Periodo sin inundar (> 180 días) • Periodo sin inundar (< 180 días) • Inundado antes del ciclo (>30 días) 	Dependiendo de cómo fue el régimen de agua antes del ciclo de producción las emisiones de CH₄ por hectárea cambian.	3C7 Cultivo de arroz, emisiones de metano
Incorporación de enmienda orgánica <ul style="list-style-type: none"> • Rastrojos de cosecha incorporado justo ante de la nueva siembra (<30 días) • Rastrojos de cosecha incorporado ante de la nueva siembra⁶⁵ (>30 días) • Material de compostaje • Estiércol sin compostar 	Influye en las emisiones de CH₄ , a mayor cantidad de materia orgánica bajo condiciones anaeróbicas, mayores emisiones.	3C7 Cultivo de arroz, emisiones de metano
Preparación de terreno para la siembra <ol style="list-style-type: none"> 1) Rastreada fuerte 2) Rastreada liviana 2) Taipas 3) Rufa con láser 4) Compactación 	Los equipos utilizan principalmente Diesel, lo cual genera emisiones de CO₂ , N₂O y CH₄ .	1A Actividades de quema de combustible
Siembra mecanizada		
Aplicaciones mecanizadas de productos (herbicidas, insecticidas, fungicidas, foliares, etc.) <ul style="list-style-type: none"> • Aplicaciones con motobombas • Aplicaciones con drones • Aplicación con Sprayboom • Aplicaciones áreas con aviones 	Estos equipos utilizan Diesel, gasolina, combustible de avión, los cuales genera emisiones de CO₂ , N₂O y CH₄ .	1A Actividades de quema de combustible
Sistema de producción <ul style="list-style-type: none"> • <u>Riego</u> <ul style="list-style-type: none"> ○ Anegado permanente ○ Riego con drenaje múltiple ○ Riego con un solo drenaje • <u>Secano</u> <ul style="list-style-type: none"> ○ Lluvias regulares ○ Propenso a sequías 	Dependiendo del sistema de producción y las condiciones de riego y lluvias, se generan condiciones anaeróbicas en el suelo donde la materia orgánica se descompone, generando CH₄ . También influye en las emisiones de N₂O .	3C7a y 3C7b Cultivo de arroz en riego y secano, respectivamente.
Fertilización: <ul style="list-style-type: none"> • Tipo de fertilizante y cantidad 	N₂O y CO₂	3C3 Urea, 3C4a Fertilizante sintético (FSN), 3C4c Residuos de cultivo, 3C5a, 3C5b, 3C5d, 3C5f
Cantidad de nitrógeno en Materia orgánica	N₂O	3C4c Residuos de cultivo
Cosecha y transporte: <ul style="list-style-type: none"> • Cosechadora 	Maquinarias usan diésel y, por ende, CO₂	1A Actividades de quema de combustible

⁶⁵ La incorporación de rastrojos de cosechas significa que se incorpora al suelo (p.ej., rastra). No incluye los casos en los que el rastrojo se deja sobre el suelo o se queman en el campo.



Actividad o proceso	Tipo de gases y condicionantes	Categorías de emisión según el IPCC
<ul style="list-style-type: none">• Tractor jalando el arroz cosechando• Transporte arroz a la arrocera• Pick-up del productor para realizar labores de transporte en la finca		

Fuente: Opinión de los técnicos de CONARROZ y datos del IPCC 2019.



Anexo 10. Registro de variables a levantar por medida para calcular emisiones y mitigación.

Este anexo presenta la información relevante que se debe recolectar en las fincas NAMA con la finalidad de calcular las emisiones GEI de las medidas (M1 = cambios en los regímenes de irrigación; M2 = cambio en los programas de fertilización, M3=Optimización de variedades) y compararlas con la línea base. Una gran parte de las variables ya son recolectadas en los formularios. En gris se presentan aquellas que no son recolectadas actualmente en los formularios de CONARROZ.

Intervenciones en finca	Registro de variables a que influyen en el cálculo de emisiones	Razón	
M1 – M2- M3	Área (Ha)	Los factores de emisión están definidos por hectárea. La multiplicación del área total de la finca NAMA para los factores de emisión ajustados por manejo determinan las emisiones totales.	
M1	<u>¿Cómo fueron las condiciones de anegamiento antes de la siembra?</u>	El factor de emisión se multiplica por un factor de ajuste (SFp → IPCC 2019):	
		Factor de escalamiento (SFp)	Rango de error ⁶⁶
	1. Periodo sin inundar (> 180 días), indica que se hace un ciclo de producción	1	0.88-1.12
	2. Periodo sin inundar (< 180 días), indica que se hacen dos ciclos de producción	0.89	0.80-0.99
	3. Inundado antes del ciclo (>30 días)	2.41	2.13-2.73
4. Periodo sin inundar (>350)	0.59	0.41-0.84	
M1	<u>¿Cómo fue la incorporación de enmienda orgánica?</u>	El factor de emisión se multiplica por un factor de ajuste (SF _o → IPCC 2019), el cual varía en función del tipo de enmienda orgánica y la cantidad.	
		Factor de escalamiento (SF _o)	Rango de error
	1. Rastrojos de cosecha incorporado justo ante de la nueva siembra (<30 días)	1	0.85-1.17
	2. Rastrojos de cosecha incorporado ante de la nueva siembra ⁶⁷ (>30 días)	0.19	0.11-0.28
	3. Material compostado	0.17	0.09-0.29
4. Estiércol sin compostar	0.45	0.36-0.57	
M2	<u>¿Cantidad de fertilizante aplicado?</u>	La fórmula del fertilizante ayuda a extraer cuanto se aplicó de nitrógeno sintético, ya que este influye en las emisiones de N ₂ O.	
	1. Fórmula del fertilizante por ej: (26:12:50)		
	2. Cantidad de fertilizante quintales (qq)/ha		

⁶⁶ Factores de escala y rangos de error son basados en un intervalo de confianza del 95 %.

⁶⁷ La incorporación de rastrojos de cosechas significa que se incorpora al suelo (p.ej., rastra). No incluye los casos en los que el rastrojo se deja sobre el suelo o se queman en el campo.



Intervenciones en finca	Registro de variables a que influyen en el cálculo de emisiones	Razón																						
M1	<p><u>¿Sistema de producción y manejo de régimen hídrico?</u></p> <table border="1"> <tr> <td data-bbox="438 521 976 584">1.Riego⁶⁸</td> <td data-bbox="976 521 1198 584">Factor de escalamiento (SF_w)</td> <td data-bbox="1198 521 1412 584">Rango de error</td> </tr> <tr> <td data-bbox="438 584 976 633">1.1 Anegado continuamente</td> <td data-bbox="976 584 1198 633">1</td> <td data-bbox="1198 584 1412 633">0.73-1.27</td> </tr> <tr> <td data-bbox="438 633 976 683">1.2 Anegado con solo un periodo de drenaje</td> <td data-bbox="976 633 1198 683">0.71</td> <td data-bbox="1198 633 1412 683">0.53-0.94</td> </tr> <tr> <td data-bbox="438 683 976 732">1.3 Anegado con drenaje múltiple</td> <td data-bbox="976 683 1198 732">0.55</td> <td data-bbox="1198 683 1412 732">0.41-0.72</td> </tr> <tr> <td data-bbox="438 732 976 804">2.Secano⁶⁹</td> <td data-bbox="976 732 1198 804">Factor de escala (SF_w)</td> <td data-bbox="1198 732 1412 804">Rango de error</td> </tr> <tr> <td data-bbox="438 804 976 853">2.1 Secano con precipitación regulares</td> <td data-bbox="976 804 1198 853">0.54</td> <td data-bbox="1198 804 1412 853">0.39-0.74</td> </tr> <tr> <td data-bbox="438 853 976 904">2.2 Secano propenso a sequía</td> <td data-bbox="976 853 1198 904">0.16</td> <td data-bbox="1198 853 1412 904">0.11-0.24</td> </tr> </table>	1.Riego ⁶⁸	Factor de escalamiento (SF _w)	Rango de error	1.1 Anegado continuamente	1	0.73-1.27	1.2 Anegado con solo un periodo de drenaje	0.71	0.53-0.94	1.3 Anegado con drenaje múltiple	0.55	0.41-0.72	2.Secano ⁶⁹	Factor de escala (SF _w)	Rango de error	2.1 Secano con precipitación regulares	0.54	0.39-0.74	2.2 Secano propenso a sequía	0.16	0.11-0.24	<p>El factor de emisión base depende de las condiciones climáticas y manejo de irrigación (SF_w → IPCC 2019), variando por sistema de producción (secano y riego)</p>	
1.Riego ⁶⁸	Factor de escalamiento (SF _w)	Rango de error																						
1.1 Anegado continuamente	1	0.73-1.27																						
1.2 Anegado con solo un periodo de drenaje	0.71	0.53-0.94																						
1.3 Anegado con drenaje múltiple	0.55	0.41-0.72																						
2.Secano ⁶⁹	Factor de escala (SF _w)	Rango de error																						
2.1 Secano con precipitación regulares	0.54	0.39-0.74																						
2.2 Secano propenso a sequía	0.16	0.11-0.24																						
M3	<p><u>¿Cuáles son las características de la variedad de arroz sembrada?</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Nombre de la variedad • Número de días en producción • Productividad 	<p>La variedad influye en la cantidad de emisiones de metano por dos vías. 1) Variedades de ciclos largo generan más emisiones de CH₄ dado a que hay mayor cantidad de días bajo condiciones anaeróbicas. 2) La planta de arroz también transporta metano del suelo hacia la atmósfera. Si Costa Rica decide migrar a Tier 2 con la NAMA Arroz, el factor de emisiones se ajusta a un factor de escala que cambia en función de la variedad.</p>																						

Fuente: La presente investigación.

⁶⁸ Continuamente inundado: las fincas de arroz tienen agua estancada durante toda la temporada de crecimiento del arroz, y solo se drena para la cosecha; Un periodo de drenaje significa que se realiza un drenado en cualquier etapa de crecimiento, adicional al drenaje al final de la cosecha; drenajes múltiples significa que se realiza un drenaje durante todo el ciclo productivo, resultando en periodos alternos de secano e inundado (AWD).

⁶⁹ La finca de arroz pasa anegada un periodo de tiempo significativo con regímenes hídricos que dependen únicamente de la precipitación. Secano con precipitación regular significa que el nivel del agua puede subir hasta 50 cm durante la temporada de lluvias. Secano propenso a sequía significa que ocurren periodos secos durante el ciclo del cultivo.



Anexo 11. Registro de variables para medidas complementarias de mitigación

Intervenciones en fincas	Registros variables que influyen en el cálculo de misiones
<p>Labranza mínima</p>	<p>Consumo combustible fósil por hectárea (Diesel, Gasolina):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Rastreada fuerte: Litros Diesel/ciclo 2) Rastreada liviana: Litros Diesel/ciclo 2) Taipas: Litros Diesel/ciclo 3) Rufa con láser: Litros Diesel/ciclo 4) Compactación: Litros Diesel/ciclo <p>La cantidad de combustible se multiplica por el factor de emisión para obtener CO₂eq. Ver Anexo 23 para valores estimados de consumo de combustible por ha, los cuales deben ser ajustados para cada productor.</p>
<p>Manejo integrado de plagas, reduce número de aplicaciones y por ende, consumo de combustible fósil.</p>	<p>Consumo combustible fósil por aplicaciones:</p> <p>Aplicación aérea con aviones: Litros Diesel/ciclo</p> <p>Aplicación aérea con motobomba: Litros Gasolina/ciclo</p> <p>Aplicación aérea con sprayboom: Litros Diesel/ciclo</p>
<p>Reducción de combustible</p>	<p>Cosechadora de arroz: Litros Diesel/ciclo</p> <p>Tractor jalando la cosecha arroz: Litros Diesel/ciclo</p> <p>Pick-Up: Litros Gasolina/ciclo</p> <p>Transporte Granza-Industria: Litros Diesel/ciclo</p>
<p>Mantener y/o aumentar el nivel de remoción de Dióxido de carbono por medio de plantaciones forestales. Una porción importante de fincas arroceras tiene parches de terreno con bosques, cercas vivas. También, existen porciones de terreno ociosos que podrían ser áreas de absorción de carbono.</p>	<p>Tipo de bosque:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bosque Primario, ha • Bosque Secundario, ha • Plantaciones Forestales, ha • Cercas vivas, km lineales • Otras variables que apliquen, según metodología de MRV del NAMA ganadería.

Fuente: La presente investigación.



Anexo 12. Emisiones relacionadas a los regímenes hídricos (M1) y variedades (M3).

De acuerdo con IPCC 2006-2019, la ecuación 5.1 es usada para el cálculo de las emisiones de CH₄ en el cultivo de arroz, tiene en cuenta factores de emisión diarios, el periodo del cultivo y las áreas cosechadas anuales. Se deben considerar los tipos de ecosistemas de arroz, el patrón de inundación antes y durante el periodo de cultivo, el tipo y la cantidad de enmiendas orgánicas.

Fórmula de cuantificación de las emisiones CH₄

$$CH_4_{arroz} = \sum_{i,j,k} (FE_{i,j,k} * t_{i,j,k} * A_{i,j,k} * 10^{-6})$$

Donde:

CH₄= emisiones anuales de metano del cultivo de arroz, Gg CH₄.año⁻¹

EF_{ijk} = Factor de emisión diario para las condiciones ij y k en kg CH₄ ha⁻¹ día

T_{ijk} = periodo de cultivo del arroz por ciclo para las condiciones ij y k en día

A_{ijk} = área anual cosechada de arroz para las condiciones ij y k en ha año⁻¹

ijk = representa diferentes ecosistemas, regímenes hídricos, tipo y cantidad de enmiendas orgánicas y otras condiciones bajo las cuales las emisiones de CH₄ del arroz pueden variar.

$$\text{Factor de emisión (FEi)} = FEc * SFw * SFp * SFo$$

Donde:

FEi = Factor de emisión diario

FEc = Factor de emisión de línea de base para campos continuamente inundados sin enmiendas orgánicas

SFw = Factor de escala para tener en cuenta las diferencias en el régimen hídrico durante el período de cultivo

SFp = Factor de escala para tener en cuenta las diferencias en el régimen hídrico en la pretemporada antes del período de cultivo

SFo = Factor de escala para la enmienda orgánica

Fuente: IPCC, 2019.

Anexo 13. Emisiones relacionadas a fertilización (M3).

Para el caso de esta medida es necesario contar con dos ecuaciones que permitan, por una parte, cuantificar las emisiones de N₂O y por otra parte el (CO₂) por la fertilización de urea.

Para el caso del N₂O por la aplicación de nitrógeno sintético al suelo, abonos orgánicos con nitrógeno orgánico, residuos de cosecha y mineralización del suelo se propone la siguiente ecuación:

Fórmula de cuantificación de las emisiones de N₂O

$$N_2O_{Directo} - N = N_2O-N_{N\ inputs} + N_2O-N_{OS} + N_2O-N_{PRP}$$

Donde:

$N_2O_{Directo} - N$ = emisiones anuales directas de N₂O-N producido por suelos manejados, kg N₂O-N año⁻¹

$N_2O-N_{N\ inputs}$ = emisiones anuales directas de N₂O-N de insumos N a suelos manejados, kg N₂O-N año⁻¹

$N_2O-N_{N\ inputs} = (F_{SN} + F_{ON} + F_{CR} + F_{SOM}) * EF_1 + (F_{SN} + F_{ON} + F_{CR} + F_{SOM})_{FR} * EF_{1FR}$

F_{SN} = cantidad anual de fertilizante N sintético aplicado a los suelos, kg N año⁻¹

F_{ON} = cantidad anual de N en abono, compost, lodo residual y otras adiciones de N orgánico aplicado al suelo, en kg N año⁻¹

F_{CR} = cantidad anual de N en residuos de cosecha (sobre el piso y bajo el piso), incluyendo cultivos fijadores de N, y de renovaciones de forrajes/pasturas, devuelto al suelo, kg N año⁻¹

F_{SOM} = cantidad anual de N en suelos minerales que se mineraliza, en asociación con la pérdida de C de la materia orgánica del suelo como resultado de cambios en el uso de la tierra o su manejo, kg N año⁻¹. Para la NAMA Arroz, se asume que no hay un cambio en el stock de carbono del suelo por la forma en que se prepara el terreno para la siembra, por eso el $F_{SOM} = 0$.

EF_1 = factor de emisión para emisiones de N₂O de insumos de N, kg N₂O-N año⁻¹ (kg N insumos)⁻¹

EF_{1FR} = factor de emisión para emisiones de N₂O de insumos de N para arroz inundado, kg N₂O-N año⁻¹ (kg N insumos)⁻¹

N_2O-N_{OS} = emisiones anuales directas de N₂O-N de suelos orgánicos manejados, kg N₂O-N año⁻¹

N_2O-N_{PRP} = emisiones anuales directas de N₂O-N de la orina e insumos de estiércol a suelos de pastura, kg N₂O-N año⁻¹

Fuente: IPCC 2019, Capítulo 11, ecuación 11.1.

Factores de emisión relacionados a NO₂

Subcategorías IPCC // Tipo de Factor	Valor del factor de emisión o de cambio en los reservorios de carbono	Unidades del factor de emisión	Nivel Metodológico	Referencia
3C4a Fertilizante sintético (FSN) - Sistemas no inundados // Tipos de entrada de N antropogénico para estimar las emisiones directas anuales de N ₂ O-N producidas a partir de suelos gestionados	0,01	[kg N ₂ O-N (kg N input) ⁻¹]	NIVEL 1	IPCC 2019, Refinamiento a las directrices del IPCC del año 2006; Volumen 4 Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra; Capítulo 11 Emisiones de N ₂ O de los suelos gestionados y emisiones de CO ₂ derivadas de la aplicación de cal y urea; Cuadro 11.1; páginas 11.5 a 11.21



<u>Subcategorías IPCC</u> // Tipo de Factor	Valor del factor de emisión o de cambio en los reservorios de carbono	Unidades del factor de emisión	Nivel Metodológico	Referencia
<u>3C4a Fertilizante sintético (FSN) - Sistemas inundados</u> // Tipos de entrada de N antropogénico para estimar las emisiones directas anuales de N ₂ O-N producidas a partir de suelos gestionados	0,005	[kg N ₂ O-N (kg N input) ⁻¹]	NIVEL 1	IPCC 2019, Refinamiento a las directrices del IPCC del año 2006; Volumen 4 Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra; Capítulo 11 Emisiones de N ₂ O de los suelos gestionados y emisiones de CO ₂ derivadas de la aplicación de cal y urea; Cuadro 11.1; páginas 11.5 a 11.21
<u>3C4c Residuos de cultivo (FCR)</u> // Tipos de entrada de N antropogénico para estimar las emisiones directas anuales de N ₂ O-N producidas a partir de suelos gestionados	0,006	[kg N ₂ O-N (kg N input) ⁻¹]	NIVEL 1	IPCC 2019, Refinamiento a las directrices del IPCC del año 2006; Volumen 4 Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra; Capítulo 11 Emisiones de N ₂ O de los suelos gestionados y emisiones de CO ₂ derivadas de la aplicación de cal y urea; Cuadro 11.1; páginas 11.5 a 11.21
<u>3C5a Volatilización - Fertilizante sintético (FSN)</u> // Factor de emisión para las emisiones de N ₂ O de la deposición atmosférica de N en suelos y superficies de agua	0,014	[kg N ₂ O-N (kg N input) ⁻¹](kg N ₂ O-N) (kg NH ₃ -N + NO _x -N volatilized) ⁻¹	NIVEL 1	IPCC 2019, Refinamiento a las directrices del IPCC del año 2006; Volumen 4 Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra; Capítulo 11 Emisiones de N ₂ O de los suelos gestionados y emisiones de CO ₂ derivadas de la aplicación de cal y urea; Cuadro 11.3; páginas 11.21 a 11.27
<u>3C5d Lixiviación/escurrimiento Fertilizante sintético (FSN)</u> // Factor de emisión para las emisiones de N ₂ O de la deposición atmosférica de N en suelos y superficies de agua	0,005	[kg N ₂ O-N (kg N input) ⁻¹](kg N ₂ O-N) (kg NH ₃ -N + NO _x -N volatilized) ⁻¹	NIVEL 1	IPCC 2019, Refinamiento a las directrices del IPCC del año 2006; Volumen 4 Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra; Capítulo 11 Emisiones de N ₂ O de los suelos gestionados y emisiones de CO ₂ derivadas de la aplicación de cal y urea; Cuadro 11.3; páginas 11.26
3C5f Lixiviación/escurrimiento Residuos de cultivo (FCR) // Factor de emisión para las emisiones de N ₂ O de N lixiviación y escurrimiento	0,011	[kg N ₂ O-N (kg N input) ⁻¹](kg N ₂ O-N) (kg NH ₃ -N + NO _x -N volatilized) ⁻¹	NIVEL 1	IPCC 2019, Refinamiento a las directrices del IPCC del año 2006; Volumen 4 Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra; Capítulo 11 Emisiones de N ₂ O de los suelos gestionados y emisiones de CO ₂ derivadas de la aplicación de cal y urea; Cuadro 11.3; páginas 11.26



Anexo 14. Cálculos de emisiones por consumo de combustible fósil

Es necesario contabilizar las emisiones de CO₂ a través de las labores mecanizadas, tales como preparación del suelo, siembra, aplicaciones, cosecha, y transporte a la industria. Estrategia de labranza mínima y reducción en aplicaciones dado a un manejo integrado de plagas y fertilización, contribuye a reducir emisiones a través de un menor uso de combustible fósil.

Fórmula para el cálculo de CO₂ por uso de combustible fósil

$$CO_2e = \sum_j^n \sum_i^m C_i * FE_j * PC_j$$

Donde:

C representa la cantidad de combustible usada en la producción

i representa el tipo de combustible

j representa el tipo de gas GEI

FE representa el factor de emisión dado en la tabla de factores de emisión por tipo de combustible

PC representa el poder de calentamiento global

n representa el número de combustibles que se está considerando en el cálculo

m representa el número de gases a considerar

Fuente: IPCC, 2006.

Factores de Emisión por tipo de combustible

Combustible	kg CO ₂ /L combustible	kg N ₂ O/L combustible	kg CH ₄ / L combustible
Gasolina	2,231	0,116	1,176
Diesel	2,613	0,154	0,149
Búnker	3,101	nd	nd
Queroseno	2,541	nd	nd
LPG	1,611	0,0051	1,5835
Gasolina de avión	2,227	nd	nd
Jet fuel	2,505	nd	nd
Lubricante	2,549	0,021	0,348

Fuente: IMN (2020).



Anexo 15. Remociones de CO2 a través de bosque secundario.

Se tiene conocimiento que las fincas arroceras tienen pequeñas áreas de bosque secundario⁷⁰, los cuales son áreas con potencial de compensación de emisiones, en función de su crecimiento. Por tanto, si el productor cuenta con este tipo de recursos, el MRV estaría en la capacidad de cuantificar el potencial de captura de carbono de un bosque secundario. Así se debe crear una línea base donde se determine la edad y el tipo de bosque secundario. Con dicha información, se calcula la cantidad de carbono secuestrado y se compara con el stock de carbono esperado en los siguientes años. Para calcular las remociones, se seguirán las ecuaciones estimadas por Cifuentes (2008) para diferentes tipos de bosques en Costa Rica, las cuales son usadas en el INGEI. Para calcular el secuestro de carbono se calculará la diferencia entre el año t y el t-1. El procedimiento para calcular las remociones se presenta en las siguientes formulas:

Fórmulas para calcular las remociones de C por bosques secundarios

$RCO2e_t, \text{ ton ha}^{-1} = \Delta C_B * (44/12)$

Donde:

$RCO2e_t$ = es la cantidad de CO2e removido en ton por ha, en el periodo t

t = año

ΔC_B = Cambio anual en las existencias de carbono en la biomasa (la suma de la biomasa aérea y subterránea) en ton C año-1.

44 = peso molecular del CO2

12 = peso molecular del C

Ecuación IPCC 2.7: Cambio anual en Biomasa

$\Delta C_B = \Delta C_G - \Delta C_L$

Donde:

ΔC_G = Incremento anual de las reservas de carbono debido al crecimiento de la biomasa para cada subcategoría de tierra, considerando la superficie total, toneladas C año-1.

ΔC_L = disminución anual de las reservas de carbono debido a la pérdida de biomasa para cada subcategoría de tierra, considerando la superficie total, toneladas C año-1. (por ejemplo, deforestación).

Ecuación 2.9: Aumento anual de existencias de carbono en biomasa debido al incremento de biomasa

$$\Delta C_G = \sum_{i,j} (A_{ij} * G_{TOTAL_{i,j}} * CF_{i,j})$$

Donde:

⁷⁰ Según la Ley 7575 de Costa Rica, Artículo 3, inciso D (Ley Forestal) se define como bosque: Ecosistema nativo o autóctono, intervenido o no, regenerado por sucesión natural u otras técnicas forestales, que ocupa una superficie de dos o más hectáreas, caracterizada por la presencia de árboles maduros de diferentes edades, especies y porte variado, con uno o más doseles que cubran más del setenta por ciento (70%) de esa Superficie y donde existan más de sesenta árboles por hectárea de quince o más centímetros de diámetro medido a la altura del pecho (DAP).



A = área de tierra que permanece en la misma categoría de uso de la tierra, ha

G_{TOTAL} = mean annual biomass growth, tonnes d. m. ha⁻¹yr⁻¹

i = zona ecológica ($i = 1$ to n)

j = Dominio climático ($j = 1$ to m)

CF = fracción de carbono de materia seca⁷¹, tonelada C (ton d.m.)⁻¹ = 0.47

$$G_{TOTAL_{i,j}}, \text{ ton ha}^{-1} = 1.25 * BTSS_t - 1.25 * BTSS_{t-1}$$

Donde:

$BTSS_t$ = Biomasa total (materia seca) sobre el nivel de suelo, en Mg ha⁻¹, en el periodo t

$BTSS_{t-1}$ = Biomasa total (materia seca) sobre el nivel de suelo, en Mg ha⁻¹, en el periodo anterior t-1

1.25= La relación biomasa subterránea y biomasa aérea usada en todos los casos fue de 0,25 (Fonseca, Alice y Rey, 2009).

Ecuación de Cifuentes 2008:

$$BTSS_t, \text{ Mg ha}^{-1} = B_{max} * [1 - \exp(-b_1 * t)]^{b_2}$$

Donde:

Tipo de bosque	B_{max}	b_1	b_2
Tropical seco	154,8	0,1130	5,1411
Tropical húmedo	262,1	0,0348	1
Tropical Premontano Húmedo, Transición a Basal - Pacífico	262,1	0,0214	1

Fuente: Cifuentes 2008, IMN (2021).

⁷¹ La relación biomasa subterránea y biomasa aérea usada en todos los casos fue de 0,25 (Fonseca, Alice y Rey, 2009). La proporción de carbono en la biomasa arbórea utilizada para estimar el carbono fue de 47 % (IPCC, 2006).



Anexo 16. Remoción de C a través de Plantaciones Forestales.

Al igual que el cuadro anterior, algunos productores de arroz cuentan con plantaciones forestales⁷² que pueden servir como área de compensación de emisiones, siempre y cuando estas no estén involucradas en pagos por servicios ambientales. Por tanto, si el productor cuenta con este tipo de recursos, el MRV estaría en la capacidad de cuantificar la captura de carbono anual.

Así se debe crear una línea base donde se determine la edad, la especie, área, tasa de crecimiento anual, entre otros. Con dicha información, se calcula el aumento de materia seca, y de ese el carbono El procedimiento para calcular las remociones se presenta en las siguientes formulas:

Fórmula para calcular la remoción de C anual a través de plantaciones forestales

$$CO2eq_{PlanFor_r} = A_{planfor} * MS_{rplanfor} * 0.47 * (44/12)$$

Donde:

$CO2eq_{PlanFor_r}$ = dióxido de carbono equivalente removido en la plantación, tCO₂eq finca⁻¹año⁻¹

$A_{planfor}$ = área total de plantación forestal, hectáreas

$MS_{rplanfor}$ = aumento materia seca en la plantación forestal por año, ton ha⁻¹año⁻¹

0.47 = contenido de carbono de la biomasa (materia seca) del bosque, %

44 = peso molecular del CO₂

12 = peso molecular del C

Fuente: La presente investigación.

En el cuadro a continuación, se presenta como ejemplo, el cálculo de remoción anual de una hectárea de plantación forestal para dos especies usadas en la zona Caribe en Costa Rica. Se incluye el cálculo de otras especies.

Cálculo de CO₂e removido por 1 ha de plantación forestal

Zona Ecológica	Especie	Aumento Biomasa Sobre Suelo	Carbono	CO ₂ eq
Bosque Lluvioso Tropical	Tipo de árbol	Ton ms ha ⁻¹ año ⁻¹	Ton C ha ⁻¹ año ⁻¹	tCO ₂ e ha ⁻¹ año ⁻¹
	<i>Gmelina arborea</i>	12.54	6,27	22,99
	<i>Vochysia guatemalensis</i>	11,6	5,88	21,267
	Otras especies	11,6	5,88	21.267

Fuente: INGEI (2017).

⁷² Según la Ley 7575 de Costa Rica, Artículo 3, inciso F (Ley Forestal) se define como plantación forestal: Terreno de una o más hectáreas, cultivado de una o más especies forestales cuyo objetivo principal, pero no único, será la producción de madera.



Anexo 17. Remoción con árboles en finca.

Las fincas arroceras tienen zonas en las cuales se han sembrado árboles como barreras o cercas de protección en bordes de caminos, canales, dispersos en otras áreas cercanas al arroz. También los productores siembran árboles para embellecer el paisaje de la finca.

Dada esta realidad, se propone hacer un inventario de los árboles en fincas NAMA, en donde se identifiquen todos los árboles de las fincas para fines de calcular remociones. Esto implica, medir del diámetro a la altura del pecho y la altura de cada árbol, para cuantificar el crecimiento y así la captura de carbono anual. Para ello, las ecuaciones de Russo 2009 son un abordaje útil para realizar dichas estimaciones. Note que Russo 2009, omite la especie. El DCC-INGEI, recomienda que también se registre la especie para futuro reprocesamiento de los datos.

Para el MRV de cada finca se requiere levantar una línea base de la cantidad de árboles y bosques que existe actualmente en la finca, lo cual se financia con el presupuesto asignado para MRV. Cada año, se mide el crecimiento del bosque o los árboles dispersos en finca, con el fin de cuantificar las remociones del periodo comparado con la línea base.

Fórmula para calcular remoción de C con árboles en las fincas NAMA

Volumen del Fuste:

$$V = \text{DAP}^2 * 0,7854 * A$$

Donde:

V = volumen del fuste en metros cúbicos, m³

DAP = diámetro a la altura del pecho (1,0 m), metros

A = altura del árbol, metros

0,7854 = constante

Carbono en el Fuste:

$$\text{CF} = V * 0,47 * 0,5$$

Donde:

CF = carbono en el fuste,

0,5 = transforma el volumen en materia seca

0,47 = contenido de carbono en materia seca de la madera

Carbono en la Biomasa total del árbol (fuste, hojas, ramas, raíces):

$$\text{CA} = \text{CF} * 1,5$$

Donde:

CA = carbono total en la biomasa del árbol,

1,5 = factor de expansión por raíces, hojas, ramas.

Dióxido de Carbono Equivalente (CO₂eq) del árbol:

$$\text{CO}_{2\text{eq}}\text{-árbol} = \text{CA} * 3,67$$

Donde:

CA = carbono total en la biomasa del árbol, CO₂eq

3,67 = relación peso molecular de CO₂/C (44/12)

Anexo 18. Estimación de costo en de las acciones habilitadoras de la NAMA para el Escenario 1 (medio), sin considerar los escalamientos hasta el 2030.

Categoría	2023-2024	2025-2026	2027-2028	2029-2030	TOTAL
Finca Objetivo NAMA	20	20	20	20	
Fincas nuevas NAMA	20	0	0	0	
Hectáreas intervenidas	3.803	3.803	3.803	3.803	
Costo acciones habilitadoras de la NAMA (USD)					
Divulgación y comunicación al productor	59.640	59.640	59.640	59.640	238.560
Sensibilización al consumidor	20.000	20.000	20.000	20.000	80.000
Proyectos piloto	120.000	-	-	-	120.000
Innovación y Desarrollo	267.731	267.731	267.731	267.731	1.070.925
Servicios técnicos	152.717	152.717	152.717	152.717	610.866
Fortalecimiento de CONARROZ para impulsar la NAMA y los mecanismos de financiamiento	72.000	52.000	52.000	52.000	228.000
Mercadeo, comercialización y certificación	30.543	30.543	30.543	30.543	122.173
Monitoreo Reporte Verificación	61.087	61.087	61.087	61.087	244.346
Administración y finanzas	35.674	15.674	12.874	12.874	77.097
Costo total (USD)	819.392	659.392	656.592	656.592	2.791.968

Fuente: Creada por los autores con datos de CONARROZ y los supuestos en el Cuadro 22.



Anexo 19. Estimación de costo en de las acciones habilitadoras de la NAMA para el Escenario 2 (conservador), considerando los escalamientos hasta el 2030.

Categoría	2023-2024	2025-2026	2027-2028	2029-2030	TOTAL
Finca Objetivo NAMA	7	14	21	28	
Fincas nuevas NAMA	7	7	7	7	
Hectáreas intervenidas	1.369	2.738	4.107	5.476	
Costo acciones habilitadoras de la NAMA (USD)					
Divulgación y comunicación al productor	59.640	59.640	59.640	59.640	238.560
Sensibilización al consumidor	20.000	20.000	20.000	20.000	80.000
Proyectos piloto	42.000	42.000	42.000	42.000	168.000
Innovación y Desarrollo	96.378	192.755	289.133	385.510	963.776
Servicios técnicos	54.975	109.949	164.924	219.899	549.747
Fortalecimiento de CONARROZ para impulsar la NAMA y los mecanismos de financiamiento	72.000	52.000	52.000	52.000	228.000
Mercadeo, comercialización y certificación	10.995	21.990	32.985	43.980	109.949
Monitoreo Reporte Verificación	21.990	43.980	65.970	87.960	219.899
Administración y finanzas	27.560	7.560	10.846	14.533	60.498
Costo total (USD)	405.537	549.874	737.498	925.522	2.618.430

Fuente: Creada por los autores con datos de CONARROZ y los supuestos en el Cuadro 22.



Anexo 20. Estimación de costo en de las acciones habilitadoras de la NAMA para el Escenario 3 (Optimista), considerando los escalamientos hasta el 2030.

Categoría	2023-2024	2025-2026	2027-2028	2029-2030	TOTAL
Finca Objetivo NAMA	70	140	210	280	
Fincas nuevas NAMA	70	70	70	70	
Hectáreas intervenidas	13.447	26.894	40.341	41.476	
Costo acciones habilitadoras de la NAMA (USD)					
Divulgación y comunicación al productor	59.640	59.640	59.640	59.640	238.560
Sensibilización al consumidor	20.000	20.000	20.000	20.000	80.000
Proyectos piloto	420.000	420.000	420.000	420.000	1.680.000
Innovación y Desarrollo	946.669	1.893.338	2.840.006	2.919.920	8.599.933
Servicios técnicos	539.989	1.079.978	1.619.968	1.665.551	4.905.486
Fortalecimiento de CONARROZ para impulsar la NAMA y los mecanismos de financiamiento	72.000	52.000	52.000	52.000	228.000
Mercadeo, comercialización y certificación	107.998	215.996	323.994	333.110	981.097
Monitoreo Reporte Verificación	215.996	431.991	647.987	666.220	1.962.194
Administración y finanzas	67.646	103.459	139.672	142.729	453.505
Costo total acciones habilitadoras NAMA (USD)	2.449.937	4.276.402	6.123.266	6.279.171	19.128.776

Fuente: Creada por los autores con datos de CONARROZ y los supuestos en el Cuadro 22.



Anexo 21. Estimación de costo en de las acciones habilitadoras de la NAMA para el Escenario 2 (conservador), sin considerar los escalamientos hasta el 2030.

Categoría	2023-2024	2025-2026	2027-2028	2029-2030	TOTAL
Finca Objetivo NAMA	7	7	7	7	
Fincas nuevas NAMA	7				
Hectáreas intervenidas	1.369	1.369	1.369	1.369	
Costo acciones habilitadoras de la NAMA (USD)					
Divulgación y comunicación al productor	59.640	59.640	59.640	59.640	238.560
Sensibilización al consumidor	20.000	20.000	20.000	20.000	80.000
Proyectos piloto	42.000	-	-	-	42.000
Innovación y Desarrollo	96.378	96.378	96.378	96.378	385.510
Servicios técnicos	54.975	54.975	54.975	54.975	219.899
Fortalecimiento de CONARROZ para impulsar la NAMA y los mecanismos de financiamiento	72.000	52.000	52.000	52.000	228.000
Mercadeo, comercialización y certificación	10.995	10.995	10.995	10.995	43.980
Monitoreo Reporte Verificación	21.990	21.990	21.990	21.990	87.960
Administración y finanzas	27.560	7.560	6.320	6.320	47.758
Costo total (USD)	405.537	323.537	322.297	322.297	1.373.667

Fuente: Creada por los autores con datos de CONARROZ y los supuestos en la Cuadro 22.



Anexo 22. Estimación de costo en de las acciones habilitadoras de la NAMA para el Escenario 3 (Optimista), sin considerar los escalamientos hasta el 2030.

Categoría	2023-2024	2025-2026	2027-2028	2029-2030	TOTAL
Finca Objetivo NAMA	70	140	210	280	
Fincas nuevas NAMA	70	70	70	70	
Hectáreas intervenidas	13.447	26.894	40.341	41.476	
Costo acciones habilitadoras de la NAMA (USD)					
Divulgación y comunicación al productor	59.640	59.640	59.640	59.640	238.560
Sensibilización al consumidor	20.000	20.000	20.000	20.000	80.000
Proyectos piloto	420.000	-	-	-	420.000
Innovación y Desarrollo	946.669	946.669	946.669	973.307	3.813.313
Servicios técnicos	539.989	539.989	539.989	555.184	2.175.151
Fortalecimiento de CONARROZ para impulsar la NAMA y los mecanismos de financiamiento	72.000	52.000	52.000	52.000	228.000
Mercadeo, comercialización y certificación	107.998	107.998	107.998	111.037	435.030
Monitoreo Reporte Verificación	215.996	215.996	215.996	222.073	870.061
Administración y finanzas	67.646	58.846	58.846	59.865	245.202
Costo total acciones habilitadoras NAMA (USD)	2.449.937	2.001.137	2.001.137	2.053.105	8.505.317

Fuente: Creada por los autores con datos de CONARROZ y los supuestos en el Cuadro 22.

Anexo 23. Tasa de consumo de combustible fósil por actividad en la producción de arroz

Actividad	Tipo combustible	Tasa de consumo (litros/ha/Ciclo)	Fuente del valor
Rastreada fuerte	Diesel	45.0	Según técnicos de CONARROZ, la tasa de consumo es 100Litros/10hora y se requieren 4.5 horas para rastrear un ha
Rastreada liviana	Diesel	30.0	Según técnicos de CONARROZ, la tasa de consumo es 100Litros/10hora y se requieren 3 horas para rastrear un ha
Rufa	Diesel	45.0	Según técnicos de CONARROZ, la tasa de consumo es 100Litros/10hora y se requieren 4.5 horas/ha para rufa
Compactación	Diesel	5.0	Según técnicos de CONARROZ, la tasa de consumo es 100Litros/10 hora y se requieren 0.5 horas/ha para compactación
Taipas	Diesel	10	Según técnicos de CONARROZ, la tasa de consumo es 100Litros/10 hora y se requieren 1 horas/ha para hacer las taipas
Aplicacion aérea con aviones	Combustible para avión	5.2	Se realizan dos aplicaciones por ciclo de producción. El consumo es variable y depende de la distancia de la finca a la pista de aterrizaje. El consumo de combustible es 190 lt/hora. Si el lote está cerca, este puede realizar 106 has/hora. Datos del Colono estiman un consumo por ha de 2-3.2 lt/ha/aplicación.
Aplicacion aérea con motobomba	Gasolina	30.0	Según técnicos de CONARROZ, se realizan cinco aplicaciones por año (sino no hay sprayboom). El consumo de combustible es 6 litros/ha.
Aplicacion aérea con sprayboom	Diesel	10.0	Según técnicos de CONARROZ, se realizan cinco aplicaciones por año (si no se usa motobomba). El consumo de combustible es 2 litros/ha.
Cosechadora de arroz	Diesel	5.7	Según técnicos de CONARROZ, el consumo de combustible es 40lt/7ha.
Tractor jalando la cosecha arroz	Diesel	2.9	Según técnicos de CONARROZ, el consumo de combustible es 20lt/7ha.
Pick-Up	Gasolina	0.166	Es muy variable. Por ejemplo, un productor puede recorrer 100 KM/ciclo para actividades relacionadas al arroz, lo cual a una tasa de consumo de 17 millas/galón (https://afdc.energy.gov/data/10310) serían 16.6 litros/ha. Si el productor tiene 100 ha, entonces el consumo sería 0.16/ha
Transporte Granza-Industria	Diesel	4.95	Es muy variable. Según técnico de CONARROZ, Los camiones que acarrean el arroz a la industria tienen una capacidad de 500qq. Por ejemplo: Una finca puede estar a 50 KM de la arrocera, con un camión que tenga una tasa de consumo de 6.5 millas/galón (https://afdc.energy.gov/data/10310), tendría un consumo de 21.84 litros/viaje. Si la productividad es 70 sacos de 73.6 kg/ha, entonces: el consumo de sería 4.95 litro/ha.