



# ESTRATEGIA DE DIVERSIFICACIÓN Y AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD AGROPECUARIA EN EL CORREDOR SECO DE NICARAGUA CON BASE EN LA GESTIÓN INTEGRAL DEL RECURSO HÍDRICO

## Año 2019

E. J. Graterol Matute, E. Pulver, S. Jaramillo Cardona, S. A. Urioste Daza, R. A. Labarta, J. A. Arana Salazar, B. Reyes, M. Obando, C. Moreno,  
Coordinación: Eugenia Saini



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

Estrategia de diversificación y aumento de la productividad agropecuaria en el Corredor Seco de Nicaragua con base en la gestión integral del recurso hídrico / E. J. Graterol Matute, E. Pulver, S. Jaramillo Cardona, S. A. Urioste Daza, R. A. Labarta, J. A. Arana Salazar, B. Reyes, M. Obando, C. Moreno; coordinación general y edición, Eugenia Saini.

p. cm. — (Monografía del BID ; 739)

Incluye referencias bibliográficas.

1. Agricultural productivity-Nicaragua. 2. Agricultural diversification-Nicaragua. 3. Water-supply, Agricultural-Nicaragua-Management. 4. Irrigation-Nicaragua-Management. I. Graterol Matute, E. J. II. Pulver, E. III. Jaramillo Cardona, S. IV. Urioste Daza, S. A. V. Labarta, R. A. VI. Arana Salazar, J. A. VII. Reyes, B. VIII. Obando, M. IX. Moreno, C. X. Saini, Eugenia, editora. XI. Banco Interamericano de Desarrollo. División de Cambio Climático. XII. Serie.

IDB-MG-739

Palabras Clave: Agricultura Resiliente, Innovación, Transferencia Tecnología Climática, Agua

Código JEL: O54, Q01, Q16, Q54 y Q55

Esta publicación es una contribución clave a la generación de nuevo conocimiento que permita mejorar la capacidad de adaptación de algunos sectores agroalimentarios más importantes de la región del Corredor Seco de Nicaragua. La publicación identificó una experiencia exitosa en sistemas de cosecha de agua como innovación tecnológica que incluye un análisis de pre-factibilidad técnico y económico-financiero para el escalamiento de tecnologías que mejoren la productividad agropecuaria con base a la Gestión Integral del Recurso Hídrico. La publicación contribuye a generar evidencia para el escalamiento de la adopción de dichas tecnologías a nivel nacional.

Copyright © 2019 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no-comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas.

Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID, no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.





Esta publicación se realiza en el marco del proyecto “Mecanismos y Redes de Transferencia de Tecnologías de Cambio Climático en Latinoamérica y el Caribe (LAC)”. El proyecto, implementado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y financiado con recursos del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM), promueve el desarrollo y transferencia de tecnologías para contribuir a la reducción de emisiones de gases efecto invernadero y de la vulnerabilidad al cambio climático en la región LAC, a través de la promoción y el apoyo de esfuerzos de colaboración a nivel regional; el respaldo a la planificación y los procesos de toma de decisiones a nivel nacional y sectorial; la demostración de políticas y mecanismos facilitadores, y la movilización de recursos financieros y humanos privados y públicos. El proyecto prioriza los temas de mitigación y adaptación al cambio climático en los sectores de eficiencia energética y energía renovable, transporte, monitoreo forestal y agricultura resiliente. Asimismo, incluye un componente transversal relacionado con el desarrollo de capacidades institucionales y de políticas nacionales de la región. Las actividades relacionadas con Agricultura han sido ejecutadas por el Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria (FONTAGRO) entidad ejecutora.

#### **Créditos y Contribuciones:**

Coordinación: Eugenia Saini, Secretaria Ejecutiva de FONTAGRO

Equipo ejecutor: Eduardo Graterol Matute, Edward Pulver, Santiago Jaramillo Cardona, Fondo Latinoamericano para Arroz de Riego (FLAR), Sergio Urioste Daza, Ricardo Labarta, Byron Reyes, (Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Miguel Obando, Carlos Moreno (Instituto Nicaragüense de tecnología Agropecuaria (INTA).

Diseño y Diagramación: Adrian Orsetti

Fotos: Provenientes de FLAR con las respectivas autorizaciones

#### **Colaboración en el proyecto (FMAM/BID)**

Francisco Arango, Claudio Alatorre Frenk, Claudia Hernández, Karla Espinoza. División de Cambio Climático Banco Interamericano de Desarrollo.

**Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria (FONTAGRO)**  
secretaria-ftg@IADB.ORG

# Estrategia de diversificación y aumento de la productividad agropecuaria en el Corredor Seco de Nicaragua con base en la Gestión Integral del Recurso Hídrico.

## RESUMEN EJECUTIVO

El Corredor Seco Nicaragüense (CSN) es una eco región que cubre el 21 % de la superficie y alberga el 73 % de la población de Nicaragua. La región se caracteriza por una prolongada época seca y una errática distribución de la precipitación durante la época lluviosa. La producción agropecuaria es de vital importancia socioeconómica en el CSN debido a que la agricultura familiar representa el 87% de las explotaciones agropecuarias (EAs). Debido a los efectos de la sequía, la agricultura se considera de alto riesgo, hecho que desincentiva la inversión en tecnologías, que a su vez se traduce en rendimientos marginales y baja generación de ingresos, lo que genera pobreza en las familias productoras.

Debido a los efectos del cambio climático se espera un incremento en la intensidad y frecuencia de los períodos de sequía, incrementando aún más la vulnerabilidad de los productores de agricultura familiar en el CSN. Es ante este escenario, surge la necesidad de desarrollar tecnologías que reduzcan esta vulnerabilidad. El Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA), junto a las instituciones del Sistema Nacional de Producción y Comercio (SNPCC), han liderado el desarrollo, validación y transferencia de estas tecnologías. Este proceso ha tenido un particular enfoque en la Gestión Integral del Recurso Hídrico (GIRH), fundamental para incrementar la disponibilidad y acceso al agua durante épocas de déficit hídrico. Este enfoque además de mejorar la disponibilidad de agua para riego ha permitido el desarrollo y validación de tecnologías que permiten

reducir el riesgo a pérdidas por sequía en sistemas de producción de secano.

FONTAGRO, a través del proyecto “Mecanismos de Transferencia de Tecnología y Redes Climáticas en América Latina y El Caribe” que es co-financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM), identificó una experiencia exitosa en sistemas de cosecha de agua como innovación tecnológica para la GIRH en el CSN. A raíz de esta experiencia y tras una misión al CSN para explorar la factibilidad de escalamiento de la innovación, se concluyó la necesidad de llevar a cabo un estudio de pre-factibilidad que guíe un proceso de diversificación y aumento de la productividad agropecuaria con base en la GIRH y mejora de las cadenas de valor del CSN.

El presente estudio responde a la necesidad identificada, con el objetivo de elaborar un plan de acción para la modernización y aumento de la productividad agropecuaria con base en la GIRH en el CSN, que fortalezca las agendas, acciones y toma de decisiones por parte de las organizaciones con responsabilidad en recursos hídricos. El estudio fue cofinanciado por el FMAM y FONTAGRO, y ejecutado por el Fondo Latinoamericano para Arroz de Riego (FLAR) y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), con la colaboración de personal del INTA y la participación de otras organizaciones que trabajan en la GIRH en el CSN.

1. El cultivo de arroz cubre el 16% de la superficie arable del país y contribuye en promedio a la 24% de la ingesta

A través de métodos cualitativos y cuantitativos se analizó información recolectada de diversos actores trabajando en la GIRH, correspondiente a 145.333 EAs de agricultura familiar en 108 municipios del CSN y zonas vulnerables a la sequía, con el objetivo de caracterizar la producción agropecuaria en la región y hacer recomendaciones para la selección de protagonistas para futuras intervenciones. Tras un análisis técnico-económico-financiero, se determinó la factibilidad de implementar sistemas de cosecha de agua para productores de agricultura familiar de transición y comercial; mientras que, para los productores de agricultura familiar de subsistencia, se presentó un sistema para el incremento de materia orgánica en el suelo. Un tercer sistema, que se recomienda sea implementado de manera integrada junto a los otros dos mencionados, es el uso de variedades tolerantes a la sequía. El mismo análisis se realizó para mostrar alternativas de modelos diversificados de producción y su integración con los sistemas de GIRH presentados, considerando el cultivo de especies de alto valor y la integración de producción pecuaria al sistema; además de presentar los sistemas silvopastoriles como una alternativa para la GIRH en la producción pecuaria. También se evaluó la factibilidad de los sistemas propuestos bajo escenarios de incremento en los costos de producción y reducción en el precio, concluyendo que existe una baja vulnerabilidad de los sistemas propuestos ante estos cambios. No obstante, se analizó una serie de riesgos técnicos, ambientales y económicos que pueden afectar la implementación de los sistemas propuestos. También se presenta un análisis de cadena de valor y mercado de los productos propuestos en los modelos y se describen esquemas de financiamiento implementados en el país, los cuales pueden ser adaptados para la implementación de futuras iniciativas.

El documento concluye con una propuesta para el fortalecimiento de la agenda de investigación del INTA en torno a la GIRH. Dentro de la agenda actual, INTA cuenta con tres proyectos que se relacionan con los sistemas propuestos e incluyen estrategias para la GIRH: (1) Generación de Tecnologías para el Manejo Sostenible del Agua, (2) Manejo Sostenible de Cultivos y (3) Mejoramiento Genético de Variedades. Asimismo, cuenta con una fortalecida estrategia de transferencia a través de los Centros de Desarrollo Tecnológico, Estaciones Experimentales y Fincas de Investigación e Innovación Tecnológica, repartidas estratégicamente a lo largo del CSN. Sin embargo, se propone una serie de temas de investigación y estrategias para el fortalecimiento institucional para la GIRH, enfocadas en el desarrollo de capacidades del personal técnico y la generación de conocimiento para la implementación de los sistemas propuestos.

Finalmente, el documento presenta diversas recomendaciones que pueden ser adoptadas por diversas organizaciones trabajando en la GIRH en el CSN, resaltando la importancia de la cooperación interinstitucional y la premura de implementar las acciones recomendadas ante un escenario donde la vulnerabilidad a los efectos del cambio climático se incrementa de manera acelerada.

# Diversification strategy and increase of agricultural productivity in the Dry Corridor of Nicaragua based on the Integrated Management of Water Resources.

## EXECUTIVE SUMMARY

Rice is the most consumed food in Panama, The Nicaraguan Dry Corridor (NDC) is an eco-region that covers 21% of the Nicaraguan land surface and is home to 73% of the country population. The region is characterized by a prolonged dry season and an erratic distribution of rainfall during the rainy season. Agricultural production is of vital importance for the economy of the NDC and it has a predominant participation of family farming, since 87% of the farms fall within this category. Due to the effects of drought in the region, agriculture is considered of high risk; as it relates to a low level of investment in technologies, which translates into marginal yields and low income generation. Therefore, high-risk agriculture has become a poverty trap for family farming in the NDC.

Due to the effects of climate change, an increase in the intensity and frequency of droughts is expected, further increasing the vulnerability of family farming in the NDC. It is against this backdrop, that the need to develop technologies to mitigate climate change vulnerability arises. The Nicaraguan Institute of Agricultural Technology (INTA), alongside the institutions of the National System of Production and Commerce (SNPCC), have led the development, validation and transfer of these technologies. This process has had a particular focus on the Integrated Water Resources Management (IWRM), essential to increase the availability and access to water for production during times of water scarcity.

The Regional Fund for Agricultural Technology (FONTAGRO), within the project "Climate Technology Transfer Mechanisms and Networks in Latin America and The Caribbean" which is co-financed by the Global Environment Facility (GEF), identified a successful experience of water harvesting systems as a technological innovation for the IWRM at the NDC. As a result of this experience, and after a mission to the NDC to explore the feasibility of scaling up the innovation, it was concluded that it was necessary to conduct a pre-feasibility study to guide a process to diversify and increase the agricultural productivity based on the IWRM and the improvement of the value chains in the NDC.

This study responds to this need, by proposing an action plan for the modernization and increase of agricultural productivity based on IWRM in the NDC. This is expected to strengthen the agendas, actions and decision making processes from different organizations working in the IWRM in the NDC. The study was co-financed by GEF and FONTAGRO, and conducted by the Latin American Fund for Irrigated Rice (FLAR) and the International Center for Tropical Agriculture (CIAT); along the support of INTA and the participation of other organizations working on IWRM in the NDC.

The study was conducted using qualitative and quantitative methods of research

to analyze data collected from different sources of information and stakeholders. Information from 145,333 family farms in 108 municipalities of the NDC and areas vulnerable to droughts was processed, with the objective of understanding the main characteristics of agricultural production in the region and providing recommendations for the selection of beneficiaries for future interventions. After performing a technical-economic-financial analysis, it was concluded that is feasible to implement water harvesting systems for transitional and commercial family farms; while for subsistence family farms, a system for increasing organic matter in the soil was presented as an alternative. A third proposed system is the use of drought-tolerant varieties for production, action that is recommended to be integrated alongside the other two systems for its implementation. The same analysis was performed to show alternatives of diversified production models and their integration with the IWRM systems that were proposed. These models consider the production of high-value species and the integration of livestock and fish production into the systems. Likewise, agroforestry systems were presented as an alternative for the IWRM in livestock production.

The feasibility of implementing the proposed systems was also evaluated under scenarios of increased production costs and reduced prices of the commercialized goods, concluding that the vulnerability of the systems to these changes is low. Nevertheless, a series of technical, environmental and economic risks that can affect the implementation of

the proposed systems are described. The study also presents a value chain and market analysis of the products that were proposed in the models, and describes a series of financing schemes implemented in the country and that can be adapted for funding future initiatives.

The document concludes with a proposal to strengthen INTA's research agenda on IWRM. Within the current agenda, INTA has three projects that relate to the proposed systems and include strategies of IWRM: (1) Generation of Technologies for Sustainable Water Management, (2) Sustainable Crop Management and (3) Genetic Improvement of Crops. INTA also has a strengthened transfer strategy through the presence of Technology Development Centers, Research Stations and Technological Innovation Farms strategically distributed throughout the NDC. Nevertheless, a series of research topics and strategies for institutional strengthening for the IWRM are proposed, focused on capacity development of technical personnel and the generation of knowledge for the implementation of the proposed systems.

Finally, the document describes several recommendations that can be adopted by the different organizations working on IWRM at the NDC, highlighting the importance of inter-institutional cooperation and the urgency of implementing the recommended actions under a scenario where vulnerability to the effects of climate change increases at an accelerated rate.

# CONTENIDO

<b>Lista de tablas</b>	<b>8</b>
<b>Lista de figuras</b>	<b>10</b>
<b>Lista de abreviaciones y acrónimos</b>	<b>10</b>
<b>Introducción</b>	<b>11</b>
<b>Metodología</b>	<b>14</b>
<b>1. Capítulo 1. Identificación y recomendación de la población objetivo</b>	<b>16</b>
1.1. Disponibilidad y uso del recurso hídrico	16
1.2. Implementación de Buenas Prácticas Agrícolas y uso de insumos	18
1.3. Escalas productivas	19
1.4. Modelos productivos	20
1.5. Criterios de selección para la población objetivo	20
<b>2. Capítulo 2. Análisis técnico-económico-financiero de sistemas de GIRH</b>	<b>22</b>
2.1. Análisis técnico	22
2.1.1. Sistemas de cosecha de agua lluvia	22
2.1.2. Mejorando la capacidad de retención de agua en el suelo	23
2.1.3. Uso de variedades mejoradas	23
2.2. Análisis económico-financiero	24
<b>3. Capítulo 3. Análisis técnico-económico-financiero de sistemas de modelos de diversificación y de la integración de sistemas de GIRH para los modelos identificados</b>	<b>26</b>
3.1. Análisis técnico	26
3.2. Análisis económico-financiero	27
<b>4. Capítulo 4. Análisis de cadenas de valor y de mercado</b>	<b>29</b>
4.1. Maíz	29
4.2. Frijol	30
4.3. Tilapia	31
4.4. Hortalizas	32
<b>5. Capítulo 5. Esquemas de financiamiento existentes</b>	<b>33</b>
<b>6. Capítulo 6. Análisis de riesgos de la implementación de los sistemas de GIRH identificados</b>	<b>35</b>
<b>7. Capítulo 7. Análisis FODA</b>	<b>37</b>
7.1. Estrategias para la implementación de sistemas de GIRH aptos para familias productoras con acceso a agua	37
7.2. Estrategias para la implementación de sistemas de GIRH aptos para familias productoras con acceso limitado a agua	38
<b>8. Capítulo 8. Conclusiones</b>	<b>39</b>
<b>9. Capítulo 9. Recomendación para el fortalecimiento de la agenda de investigación del INTA en torno a la GIRH</b>	<b>41</b>
9.1. Actores del proceso	42
9.2. Fortalecimiento de capacidades de investigación en agua del INTA	42
9.3. Gestión de conocimiento y transferencia de innovaciones	43
<b>10. Capítulo 10. Otras recomendaciones para la GIRH en el CSN</b>	<b>44</b>
<b>Referencias</b>	<b>48</b>
<b>Anexos</b>	<b>52</b>



# LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Resumen de indicadores del análisis económico-financiero para un sistema de GIRH para un modelo de finca de agricultura familiar de subsistencia	25
<b>Tabla 2.</b> Resumen de indicadores del análisis económico-financiero para un sistema de GIRH para un modelo de finca de agricultura familiar de transición	25
<b>Tabla 3.</b> Resumen de indicadores del análisis económico-financiero para un sistema de GIRH para un modelo de finca de agricultura familiar comercial	25
<b>Tabla 4.</b> Cultivos y animales con potencial de mercado	27
<b>Tabla 5.</b> Resumen de indicadores del análisis financiero para sistemas de Gestión Integral del Recurso Hídrico de los modelos productivos de diversificación identificados	28
<b>Tabla 6.</b> Resumen de indicadores del análisis económico para sistemas de Gestión Integral del Recurso Hídrico de los modelos productivos de diversificación identificados	29
<b>Tabla 7.</b> Superficies promedio de uso del suelo por tipo de agricultura familiar (hectáreas).	57
<b>Tabla 8.</b> Escenarios de análisis para los modelos de GIRH propuestos	57
<b>Tabla 9.</b> Superficie sembrada por cultivo (hectáreas) para los modelos productivos sin GIRH	59
<b>Tabla 10.</b> Estimación de la demanda hídrica (m <sup>3</sup> ) de los cultivos y dimensionamiento del reservorio por escala de productor	59
<b>Tabla 11.</b> Costos de construcción de los sistemas de cosecha de agua por escala de productor	60
<b>Tabla 12.</b> Costos de producción unitarios (USD) de los cultivos para los meses de cosecha de cada temporada	61
<b>Tabla 13.</b> Costos de bombeo de agua para riego por cultivo y escala de productor (USD)	62
<b>Tabla 14.</b> Rendimiento de los cultivos bajo distintos escenarios (unidades/ha)	63
<b>Tabla 15.</b> Precios unitarios de los cultivos para los meses de cosecha de cada temporada (USD)	63
<b>Tabla 16.</b> Costos de producción total de los cultivos propuestos por temporada y escala productiva (USD/Unidad)	64
<b>Tabla 17.</b> Ingresos por venta de los cultivos propuestos por temporada y escala productiva (USD/Unidad)	65
<b>Tabla 18.</b> Modelos de finca de diversificación de la productividad analizados	66
<b>Tabla 19.</b> Superficie cultivada por especie para los modelos de fincas construidos para el análisis económico-financiero de diversificación de los modelos productivos (hectáreas)	67
<b>Tabla 20.</b> Parámetros estimados por cultivo el análisis económico financiero de diversificación	68
<b>Tabla 21.</b> Modelos de finca de diversificación de la productividad con sistemas de GIRH analizados	69
<b>Tabla 22.</b> Cálculo de la inversión para 0.7 ha de un sistema de producción con prácticas para incrementar la materia orgánica en el suelo	70
<b>Tabla 23.</b> Estimación de la demanda hídrica (m <sup>3</sup> ) de los cultivos y dimensionamiento del reservorio por escala de productor	71
<b>Tabla 24.</b> Costos de construcción de los sistemas de cosecha de agua por escala de productor	71
<b>Tabla 25.</b> Cálculo de la inversión para 0.7 ha de un sistema silvopastoril	72
<b>Tabla 26.</b> Agenda del taller FODA	74
<b>Tabla 27.</b> Lista de participantes del taller FODA	74
<b>Tabla 28.</b> Delimitación regional del INTA	77
<b>Tabla 29.</b> Principales cultivos producidos y grupos de animales criados en el CSN según porcentaje de EAs de agricultura familiar que llevan a cabo la actividad.	79
<b>Tabla 30.</b> Principales cultivos en el CSN según superficie sembrada por EAs de agricultura familiar	80
<b>Tabla 31.</b> Principales modelos productivos de agricultura familiar en el CSN	81
<b>Tabla 32.</b> Acceso a fuentes de agua de las EAs del CSN	82
<b>Tabla 33.</b> Costos promedio de irrigación para tres sitios seleccionados en el CSN bajo dos escenarios de costos de remoción de suelo	86
<b>Tabla 34.</b> Capacidad de retención hídrica según textura del suelo	88
<b>Tabla 35.</b> Precipitación anual promedio (1980 - 2001) y probabilidad de riesgo a sequía en Sébaco y Malacatoya	89

<b>Tabla 36.</b> Flujo de inversión para una unidad de agricultura familiar de subsistencia sin GIRH (USD)	91
<b>Tabla 37.</b> Flujo de inversión para una unidad de agricultura familiar de subsistencia con GIRH (USD)	92
<b>Tabla 38.</b> Flujo de inversión para una unidad de agricultura familiar de subsistencia sin GIRH considerando un incremento inflacionario en los costos del 5.4% y en los precios de venta del 3% (USD)	92
<b>Tabla 39.</b> Flujo de inversión para una unidad de agricultura familiar de subsistencia con GIRH considerando un incremento inflacionario en los costos del 5.4% y en los precios de venta del 3% (USD)	93
<b>Tabla 40.</b> Flujo de inversión para una unidad de agricultura familiar de transición sin GIRH (USD)	93
<b>Tabla 41.</b> Flujo de inversión para una unidad de agricultura familiar de transición con GIRH (USD)	94
<b>Tabla 42.</b> Flujo de inversión para una unidad de agricultura familiar de transición sin GIRH considerando un incremento inflacionario en los costos del 5.4% y en los precios de venta del 3% (USD)	94
<b>Tabla 43.</b> Flujo de inversión para una unidad de agricultura familiar de transición con GIRH considerando un incremento inflacionario en los costos del 5.4% y en los precios de venta del 3% (USD)	95
<b>Tabla 44.</b> Flujo de inversión para una unidad de agricultura familiar de transición con GIRH considerando el pago de un bono de agua (USD)	95
<b>Tabla 45.</b> Flujo de inversión para una unidad de agricultura familiar comercial sin GIRH (USD)	96
<b>Tabla 46.</b> Flujo de inversión para una unidad de agricultura familiar comercial con GIRH (USD)	96
<b>Tabla 47.</b> Flujo de inversión para una unidad de agricultura familiar de comercial sin GIRH considerando un incremento inflacionario en los costos del 5.4% y en los precios de venta del 3% (USD)	97
<b>Tabla 48.</b> Flujo de inversión para una unidad de agricultura familiar comercial con GIRH considerando un incremento inflacionario en los costos del 5.4% y en los precios de venta del 3% (USD)	97
<b>Tabla 49.</b> Flujo de inversión para una unidad de agricultura familiar comercial con GIRH considerando el pago de un bono de agua (USD)	98
<b>Tabla 50.</b> Resultado del análisis económico-financiero para la diversificación de la productividad para agricultores familiares de subsistencia	101
<b>Tabla 51.</b> Resultado del análisis económico-financiero para la diversificación de la productividad para agricultores familiares de transición	101
<b>Tabla 52.</b> Resultado del análisis económico-financiero para la diversificación de la productividad para agricultores familiares comerciales	101
<b>Tabla 53.</b> Resultado del análisis económico-financiero para la diversificación de la productividad para agricultores familiares de subsistencia	102
<b>Tabla 54.</b> Resultado del análisis económico-financiero para la diversificación de la productividad para agricultores familiares de transición	102
<b>Tabla 55.</b> Resultado del análisis económico-financiero para la diversificación de la productividad para agricultores familiares comerciales	102
<b>Tabla 56.</b> Idoneidad para la cosecha de agua en función del grupo hidrológico del suelo	105
<b>Tabla 57.</b> Valor estimado de la escorrentía según grupo hidrológico de suelo y cobertura vegetal	106
<b>Tabla 58.</b> Matriz de riesgos de cambio en la utilidad en función de un cambio porcentual en los costos y el precio de venta para los modelos de agricultura familiar de subsistencia	126
<b>Tabla 59.</b> Matriz de riesgos de cambio en la utilidad en función de un cambio porcentual en los costos y el precio de venta para los modelos de agricultura familiar de transición	127
<b>Tabla 60.</b> Matriz de riesgos de cambio en la utilidad en función de un cambio porcentual en los costos y el precio de venta para los modelos de agricultura familiar comercial	128
<b>Tabla 61.</b> Matriz de riesgos de cambio en la utilidad en función del cambio porcentual en los costos y el precio de venta para los modelos de agricultura familiar de subsistencia, considerando el costo de oportunidad de alquiler de la tierra	129
<b>Tabla 62.</b> Matriz de riesgos de cambio en la utilidad en función de un cambio porcentual en los costos y el precio de venta para los modelos de agricultura familiar de transición, considerando el costo de oportunidad de alquiler de la tierra	130
<b>Tabla 63.</b> Matriz de riesgos de cambio en la utilidad en función de un cambio porcentual en los costos y el precio de venta para los modelos de agricultura familiar comercial, considerando el costo de oportunidad de alquiler de la tierra	131
<b>Tabla 64.</b> Elementos priorizados para sistemas de GIRH aptos para familias productoras con acceso a agua en función de la importancia y el impacto potencial en la población objetivo	138
<b>Tabla 65.</b> Elementos priorizados para sistemas de GIRH aptos para familias productoras con acceso limitado a agua en función de la importancia y el impacto potencial en la población objetivo	139

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Zona de estudio y vulnerabilidad a la sequía de los municipios del CSN	15
<b>Figura 2.</b> Potencial acceso al recurso hídrico según municipio.	18
<b>Figura 3.</b> Mapa del Corredor Seco de Nicaragua	52
<b>Figura 4.</b> Mapa de municipios del CSN atendidos por los proyectos relacionados a la GIRH ejecutados por el INTA.	55
<b>Figura 5.</b> Calendario de siembra de para modelos de propuestos para distintas escalas de productor	58
<b>Figura 6.</b> Proceso participativo del taller FODA	76
<b>Figura 7.</b> División regional del INTA en el Corredor Seco de Nicaragua	78
<b>Figura 8.</b> Precipitación mensual de Sébaco para un periodo de 20 años (mm)	87
<b>Figura 9.</b> Precipitación mensual de Malacatoya para un periodo de 20 años (mm)	87
<b>Figura 10.</b> Efecto de la materia orgánica en la capacidad de retención de agua de los suelos con menos de 2.5% de materia orgánica (arenosos) y suelos más pesados con más del 2.5% de materia orgánica (francos)	90
<b>Figura 11.</b> Superficie cosechada de maíz en Nicaragua (2006 - 2017)	114
<b>Figura 12.</b> Cantidad cosechada de maíz en Nicaragua (2006 - 2017)	115
<b>Figura 13.</b> Cantidad y valor de las importaciones de maíz a Nicaragua (2005 - 2015)	117
<b>Figura 14.</b> Cantidad y valor de las exportaciones de maíz Nicaragüense a otros países (2005 - 2015)	117
<b>Figura 15.</b> Superficie cosechada de frijol en Nicaragua (2006 - 2017)	118
<b>Figura 16.</b> Cantidad cosechada de frijol en Nicaragua (2006 - 2017)	118
<b>Figura 17.</b> Cantidad y valor de las importaciones de frijol a Nicaragua (2005 - 2015)	119
<b>Figura 18.</b> Cantidad y valor de las exportaciones de frijol Nicaragüense a otros países (2005 - 2015)	120
<b>Figura 19.</b> Producción registrada de peces de escama y tilapia en Nicaragua (2007 - 2016)	121
<b>Figura 20.</b> Cantidad y volumen importado de tilapia a Nicaragua (2013-2017)	121
<b>Figura 21.</b> Consumo per cápita de carne de pescado en Nicaragua (2001 - 2013)	122
<b>Figura 22.</b> Producción y área cosechada de hortalizas en Nicaragua (2008 - 2016)	123
<b>Figura 23.</b> Consumo per cápita de hortalizas en Nicaragua (2004-2013)	125

## LISTA DE ABREVIACIONES Y ACRÓNIMOS

<b>AGRI</b>	Agua para Riego
<b>BPA</b>	Buenas Prácticas Agrícolas
<b>CA-4</b>	Convenio Centroamericano de Libre Movilidad
<b>CATIE</b>	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
<b>CENAGRO</b>	Censo Nacional Agropecuario
<b>CFC</b>	Fondo Común para los Productos Básicos
<b>CIAT</b>	Centro Internacional de Agricultura Tropical
<b>COSUDE</b>	Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación
<b>CRAD</b>	Capacidad de Retención de Agua Disponible
<b>CRIA</b>	Consejos Regionales de Investigación e Innovación Agropecuaria
<b>CSC</b>	Corredor Seco Centroamericano
<b>CSN</b>	Corredor Seco Nicaragüense
<b>EA</b>	Explotación Agropecuaria
<b>E<sub>t</sub>P</b>	Evapotranspiración Potencial
<b>FIDA</b>	Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola
<b>FIIT</b>	Fincas de Investigación e Innovación Tecnológica
<b>FLAR</b>	Fondo Latinoamericano para Arroz de Riego
<b>FMAM</b>	Fondo para el Medio Ambiente Mundial
<b>FND</b>	Fondo Nórdico para el Desarrollo
<b>FONTAGRO</b>	Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria
<b>GIRH</b>	Gestión Integral del Recurso Hídrico
<b>GRUN</b>	Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional
<b>ha</b>	Hectárea
<b>INTA</b>	Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria
<b>IPC</b>	Índice de Precios al Consumidor Nacional
<b>MEFCCA</b>	Ministerio de Economía Familiar, Comunitaria, Cooperativa y Asociativa
<b>mm</b>	Milímetros
<b>mz</b>	Manzanas
<b>NIIT</b>	Núcleos de Investigación e Innovación Tecnológica
<b>PRI</b>	Periodo de Retorno de la Inversión
<b>RAAN</b>	Región Autónoma de la Costa Caribe Norte
<b>RAAS</b>	Región Autónoma de la Costa Caribe Sur
<b>SNIA</b>	Sistema Nacional de Investigación e Innovación Agropecuaria
<b>SNPCC</b>	Sistema Nacional de Producción Consumo y Comercio
<b>SIG</b>	Sistemas de Información Geográfica
<b>TIR</b>	Tasa Interna de Retorno
<b>t</b>	Toneladas
<b>VAN</b>	Valor Actual Neto

# INTRODUCCIÓN

El Corredor Seco Centroamericano (CSC) es el área que comprende un grupo de ecosistemas de la ecorregión del bosque tropical seco de Centroamérica que se extiende a lo largo de la vertiente pacífica de América Central; desde el sur de México hasta el noroeste de Costa Rica, abarcando las zonas bajas de la vertiente y la región central de bosque premontano de El Salvador, Guatemala, Honduras y Nicaragua. La región se caracteriza por una errática distribución de la precipitación, dada por la interacción entre el relieve montañoso a lo largo de la vertiente Pacífica y los fenómenos climatológicos propios de la zona. Estas anomalías se traducen en una prolongada época seca y recurrentes sequías durante la época lluviosa, debido a la prolongación de la canícula<sup>1</sup> o anomalías en la duración de la temporada (Calvo-Solano, Quesada-Hernández, Hidalgo, & Gotlieb, 2018).

La sequía está estrechamente relacionada con El Niño-Oscilación Sur, fenómeno cíclico de oscilación de los parámetros meteorológicos del Pacífico Ecuatorial, en cuya fase de calentamiento, conocido como “El Niño”, las precipitaciones en el CSC se reducen entre un 30 y 40% y el período de canícula se extiende. Al contrario, la fase de enfriamiento, conocida como “La Niña”, se asocia a lluvias intensas y consecuentes inundaciones en la región (van der Zee, van der Zee, Meyrat, Poveda, & Picado, 2012). El incremento en la ocurrencia y magnitud de ambos fenómenos en los últimos años ha sido asociado al cambio climático, hecho que ha afectado severamente a los países del CSC (Vaqué, 2017). En adición a las condiciones meteorológicas, las condiciones edafológicas de la región<sup>2</sup> y la sobreexplotación del suelo en áreas no aptas para la producción agropecuaria han propiciado una menor disponibilidad del recurso hídrico.

Se estima que alrededor de 45 millones de personas viven en el CSC, de las cuales el 40% vive en el área rural y dependen en su mayoría de la producción agrícola como principal medio de vida (Vaqué, 2017). Del CSC, Honduras y Nicaragua son los países más afectados por los efectos de la sequía. En el mundo, Nicaragua ha sido catalogado como el sexto país más afectado por eventos relacionados al cambio climático en los últimos 20 años y con alta vulnerabilidad a eventos futuros, particularmente a la sequía (Eckstein, Hutflits, Wings, & Germanwatch, 2018). Se calcula que alrededor de 300.000 nicaragüenses son vulnerables a la sequía y sus efectos (Calvo-Solano et al., 2018).

El Corredor Seco Nicaragüense (CSN) se extiende a lo largo de la región pacífica y gran parte del centro del país. Según la delimitación propuesta por van der Zee et al. (2012), el CSN abarca el 21% de la superficie del país, delimitando 60 municipios propios del CSN y 48 circundantes con vulnerabilidad a la sequía. Estos municipios albergan al 73% de la población del país, unos 4,7 millones de personas, de las cuales un tercio viven en el área rural (INIDE, 2017)<sup>3</sup>. El sector agropecuario es de gran importancia tanto para el país como para el CSN, ya que emplea al 63% de la población económicamente activa en el área rural, además de aportar al 13,5% del PIB nominal y concentrar el 30,4% del total de empleos generados a nivel nacional (BCN, 2017).

De los productores agropecuarios, el grupo más afectado por la sequía son los productores de agricultura familiar. Se entiende por agricultura familiar a todo establecimiento agropecuario que depende

1. Distribución anómala de la precipitación durante la época lluviosa caracterizada por consecuentes días de sequía.

2. Suelos poco profundos, pedregosos y escarpados en las zonas de ladera, particularmente en la Región Central de Nicaragua.

3. El Anexo 1 presenta una caracterización detallada del Corredor Seco Nicaragüense.

preponderantemente del trabajo familiar (Salcedo, de la O, & Guzmán, 2014), representando este grupo el 86% de las Explotaciones Agropecuarias (EAs) de la región (INIDE, 2011). La sequía ha llegado a constituirse en una fuente de pobreza para este grupo, ya que sus efectos en la productividad agropecuaria, afecta directamente a la generación de ingresos y nutrición de la población. En el área rural de Nicaragua, donde la agricultura es la principal actividad económica, se estima que un 16.3% de la población vive bajo la línea de pobreza extrema (INIDE, 2014). En contraste, los productores que no dependen exclusivamente de la mano de obra familiar tienden a ser de mayor escala, acceso a tecnologías y mercados, lo que los hace menos vulnerables a los efectos de la sequía.

Los patrones de siembra en Nicaragua están estrechamente relacionados con el clima<sup>4</sup>. La variabilidad de la precipitación modifica estos patrones, incrementando el riesgo de pérdidas en la producción. Debido al cambio climático, se pronostica un incremento en la frecuencia e intensidad de los regímenes de precipitación y el consecuente incremento en los impactos que tienen sobre la población (Bouroncle et al., 2014). Esto se suma al impacto de prácticas que deterioran el suelo y disminuyen su capacidad de absorción, afectando la recarga de agua subterránea y la retención de humedad (Bendaña, 2012; van der Zee et al., 2012).

Los efectos de la sequía en Nicaragua han afectado la producción de granos básicos, hortalizas y cultivos de exportación, en adición a pérdidas de ganado y reducción en la producción de leche (Bendaña, 2012). Esto se traduce en pérdidas económicas, disminución en el suministro y consecuente incremento en el precio de los alimentos, afectación a la seguridad alimentaria e incremento de la pobreza. En el CSC, 500.000 personas sufren de inseguridad alimentaria severa y 1,5 millones más de forma moderada (Calvo-Solano et al.,

2018). También se ha señalado la relación entre las inclemencias climáticas en el Corredor Seco con el incremento en la violencia y emigración de la población (WFP, 2017).

En el país, distintas organizaciones han empezado a implementar proyectos ante la inminente necesidad de generar, validar y difundir tecnologías para reducir el impacto de la sequía en la producción agropecuaria y adaptar los medios de vida de los productores a las cambiantes condiciones del clima. El Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA) ha sido una de las organizaciones líderes en el desarrollo, validación y transferencia de estas tecnologías. En febrero de 2015, el INTA creó el Sistema Nicaragüense de Investigación e Innovación Agropecuaria (SNIA), con el propósito de contribuir al desarrollo agropecuario del país a través del fortalecimiento del modelo de alianzas en materia de investigación e innovación agropecuaria, en correspondencia con el Plan Nacional de Desarrollo Humano.

El objetivo central del SNIA es mejorar la productividad agropecuaria, la seguridad alimentaria y nutricional, y el cuidado de la tierra. Para lograr las alianzas y consensos, el SNIA es integrado por el Consejo Nacional de Investigación e Innovación Agropecuaria, por los Consejos Regionales de Investigación e Innovación Agropecuaria (CRIIA) y los Núcleos de Investigación e Innovación Territorial (NIIT). Es a través de este Sistema que el INTA, junto a otras instituciones miembros del SNIA<sup>5</sup>, han trabajado en la investigación e innovación agropecuaria orientada a zonas vulnerables al cambio y variabilidad del clima, particularmente en el CSN.

En los últimos cinco años, el INTA ha participado en cuatro proyectos en los que la Gestión Integral del Recurso Hídrico (GIRH) ha sido planteada como una estrategia primordial para mitigar los efectos de la sequía en la productividad agropecuaria. Asimismo, la más reciente agenda de investigación del INTA

4. Solo el 5 % de los productores de agricultura familiar del CSN tienen acceso a riego.

5. Conformado por el Consejo Nacional de Investigación e Innovación Agropecuaria, Consejos Regionales de investigación e Innovación Agropecuaria y los Núcleos de Investigación e Innovación Territorial, bajo la tutela de INTA.

(2018 - 2021), incluye la GIRH como una de las siete líneas de investigación. De igual manera, la GIRH se presenta de forma implícita como un componente transversal en otros temas de investigación, entre los cuales se encuentran el mejoramiento genético y el manejo sostenible de los cultivos, que son temas prioritarios para el desarrollo de tecnologías que contribuyan a mitigar los efectos del cambio climático e incrementar la capacidad de adaptación de los productores de agricultura familiar frente al cambio climático<sup>6</sup>.

Las acciones del INTA y otras instituciones del SNIA han sido apoyadas con financiamiento y asistencia técnica de diversas instituciones. Desde el año 2014, el Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria (FONTAGRO), ejecuta el proyecto “Mecanismos de Transferencia de Tecnología y Redes Climáticas en América Latina y El Caribe”, el cual es co-financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM) y tiene como objetivo impulsar el desarrollo y transferencia de tecnologías que contribuyan a la reducción de la emisión de gases de efecto invernadero y reduzcan la vulnerabilidad al cambio climático en sectores específicos. Dentro del marco de este proyecto, FONTAGRO identificó un caso de éxito en la implementación de cosecha de agua en el CSN como innovación tecnológica para la adaptación al cambio climático.

A raíz de esta experiencia, implementada por el Fondo Latinoamericano para Arroz de Riego (FLAR) y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), hizo que FONTAGRO organizara una misión al CSN para explorar la factibilidad de escalamiento de la innovación. Tras identificar el potencial de desarrollar iniciativas más ambiciosas que puedan contribuir con medidas de adaptación al cambio climático, la necesidad del INTA de fortalecer su agenda de investigación en la GIRH y de constatar el interés de las autoridades locales en implementar dichas acciones, se concluyó la necesidad de llevar a

cabo un estudio de pre-factibilidad que guíe un proceso de diversificación y aumento de la productividad agropecuaria con base en la GIRH y mejora de las cadenas de valor del CSN.

El presente estudio responde a la necesidad identificada. El objetivo principal es elaborar un plan de acción para la modernización y aumento de la productividad agropecuaria con base en la GIRH en el CSN, que fortalezca las agendas, acciones y toma de decisiones por parte de las organizaciones del país con responsabilidad en recursos hídricos. El estudio fue financiado por el FMAM y FONTAGRO, y ejecutado por el FLAR y el CIAT, con la colaboración de personal del INTA y la participación de otras organizaciones<sup>7</sup> que trabajan en la GIRH en el CSN.

Con este propósito, en este informe se presenta una identificación y caracterización de la población objetivo (Capítulo 1); un análisis técnico-económico y financiero de sistemas de GIRH (Capítulo 2), de diversificación de sistemas de producción potenciales y de sistemas de GIRH para los sistemas diversificados identificados (Capítulo 3); un análisis de mercado y de cadena de valor para los principales productos agropecuarios identificados en los modelos (Capítulo 4); un mapeo de las ofertas de financiamiento existentes para implementar los sistemas planteados (Capítulo 5), un análisis de riesgos relacionados con la implementación de los sistemas (Capítulo 6) y un análisis estratégico FODA de la posibilidad de escalamiento de estos sistemas (Capítulo 7). Tras presentar las conclusiones (Capítulo 8), se entrega una propuesta para el fortalecimiento de la agenda de investigación del INTA en torno a la GIRH (Capítulo 9) y una serie de recomendaciones de mejoras a realizar en el ámbito tecnológico, organizacional e institucional que puedan fortalecer la GIRH y la diversificación y modernización productiva (Capítulo 10).

6. Una descripción más detallada de los proyectos implementados por INTA y la agenda de investigación puede ser encontrada en el Anexo 2

7. Ministerio de la Economía Familiar, Comunitaria, Cooperativa y Asociativa, Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales, Ministerio Agropecuario, Programa Mundial de Alimentos, Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza y la Universidad Nacional Agraria.

# METODOLOGÍA

Para la elaboración del presente estudio se utilizó una metodología mixta de investigación de métodos cualitativos y cuantitativos para el análisis de datos. El proceso inició con la recolección de información primaria y secundaria relevante a la GIRH y la producción agropecuaria en el CSN. Se realizó una primera visita a Nicaragua, donde el equipo de investigación se reunió con el equipo del INTA a cargo de la GIRH, quienes expusieron información relevante en torno a los proyectos de investigación relacionados con la temática. También, se condujo una entrevista semi-estructurada que, además de conocer las experiencias del INTA en la GIRH, tenía como objetivo recolectar las percepciones del equipo en cuanto a iniciativas futuras y los distintos capítulos que componen el estudio. Durante la visita también se realizó una gira de campo en la cual se entrevistaron a cuatro productores de agricultura familiar en el CSN, con quienes el INTA ha implementado acciones relacionadas a la GIRH.

El proceso de investigación continuó con el análisis de la información recolectada. El área de estudio se definió en función de la delimitación propuesta por (van der Zee et al., 2012), con un total de 108 municipios en 14 departamentos de Nicaragua, incluyendo 60 municipios propios del CSN y 48 circundantes con vulnerabilidad a la sequía (Figura 1). Para la caracterización de la población objetivo y la obtención de valores promedio de variables seleccionadas para los análisis económico-financieros, se procesó la base de datos del Tercer Censo Nacional Agropecuario (CENAGRO), delimitando la población objetivo a todas las explotaciones agropecuarias (EAs) que no contratan mano

de obra permanente y que trabajan de forma individual o colectiva, a nivel de familia<sup>8</sup>.

Para la obtención de costos de producción y rendimientos promedio de cultivos seleccionados para el análisis económico-financiero, se analizó la base de datos de la “Encuesta de línea base FIIT” (INTA, 2015). Dicha base de datos contiene información sobre las características de la producción y miembros del hogar de fincas distribuidas en el territorio nacional, de las cuales el equipo del INTA filtró las observaciones para 39 municipios del CSN, resultando en un tamaño de muestra para el análisis de 361 fincas. Esta información se utilizó para la construcción de escenarios base para los modelos de GIRH. Para obtener datos de costos de producción y rendimientos potenciales, bajo escenarios con GIRH, se derivó la información de tablas de costos de producción de referencia a nivel regional (MAG, 2013). Para la estimación de costos de producción se consideró el costo de oportunidad de mano de obra familiar, equivalente al salario mínimo vigente para empleos en el sector agropecuario (MITRAB, 2018).

El cálculo de ingresos por ventas se estimó en función de los precios de venta al por mayor (APEN, 2018). Los cálculos de costos e ingresos por ventas se hicieron para cada cultivo, pero los análisis económico-financiero se hicieron a nivel de finca, en función de modelos construidos para cada escala de productor<sup>9</sup>. Todos los valores monetarios se ajustaron a valores reales para enero de 2019, usando el Índice de Precios al Consumidor Nacional (IPC - año base -2006 = 100) (BCN, 2019). También se ajustaron todos

8. Criterio utilizado por Solorzano (2014) para la caracterización de la agricultura familiar en Nicaragua.

9. Agricultura familiar de subsistencia, transición y comercial. Las diferentes escalas se detallan en la sección 1.3.

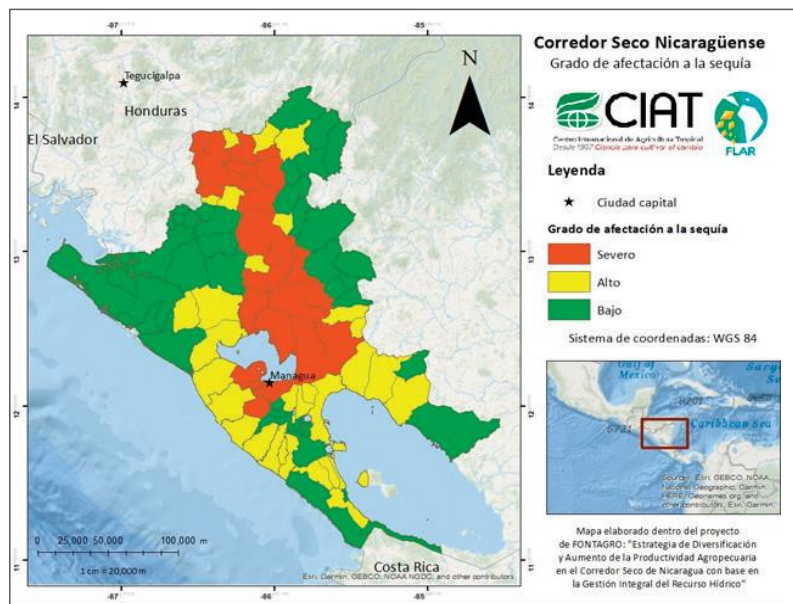
10. 1 USD = 32.4 NIO

los valores a dólares en función de la tasa de cambio promedio para enero de 2019<sup>10</sup>, y en el caso de los precios internacionales se ajustó en función de la Paridad de Poder Adquisitivo promedio para Nicaragua en 2019.

Para la construcción de los flujos de inversión se consideró un periodo de análisis de 10 años y se utilizó la Tasa Social de Descuento para iniciativas de inversión pública en Nicaragua del 8% (SNIP, 2018). Los indicadores utilizados para el análisis de las inversiones fueron el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR), el Periodo de Retorno de la Inversión (PRI) y la relación Beneficio Costo. Para el análisis de escenarios futuros, en este primer capítulo de análisis económico financiero se consideraron dos escenarios. Un primer escenario fue un incremento en los costos de producción por inflación anual del 5,4%, estimada en función de la inflación promedio de los últimos 10 años para Nicaragua, pero con solo un 3% de incremento anual en el precio de venta. Un

segundo escenario fue el pago de un bono de agua que fue propuesto dentro del marco del Proyecto “Adaptación de la agricultura al cambio climático a través de cosecha de agua en Nicaragua” (MEFCCA, 2016).

Los resultados de los análisis conducidos por el equipo de investigación fueron complementados y validados por diversos actores claves en la GIRH. Para esto, se realizó un taller participativo con representantes de distintos grupos de actores involucrados en la GIRH para la producción agropecuaria en el CSN. El taller contó con la participación de 42 personas, que incluyeron autoridades, productores, investigadores y personal administrativo del INTA, representantes de instituciones gubernamentales y organismos de cooperación internacional, la secretaría ejecutiva de FONTAGRO y el equipo de investigación. El Anexo 3 contiene una descripción detallada de los aspectos metodológicos considerados para el presente estudio, incluyendo la metodología FODA.



**Figura 1.** Zona de estudio y vulnerabilidad a la sequía de los municipios del CSN

Fuente: Elaboración propia con datos de van der Zee et al., (2012)

\*Los municipios con baja vulnerabilidad son considerados como zonas circundantes a los 48 municipios del CSN.



# 1. Capítulo 1. Identificación y recomendación de la población objetivo

En el presente documento se entiende como área de estudio al territorio delimitado para el CSN. Según la delimitación propuesta por van der Zee et al. (2012), el CSN abarca el 21% de la superficie del país, delimitando 108 municipios. En función de esta delimitación y la contextualización de agricultura familiar definida para el estudio, se identificaron 145.333 EAs de agricultura familiar, que representan el 87% del total de EAs en el CSN. Esta misma delimitación divide el territorio en función del efecto de la sequía en la producción agropecuaria. Si bien esta categorización no fue hecha por municipio, para efectos del estudio se identificaron aquellos más vulnerables en función del área predominante de afectación. De esta manera, se identificaron 27 municipios donde el grado de afectación de la sequía es catalogado como severo y 33 como alto.

En adición, existen 48 municipios de baja vulnerabilidad, pero que es necesario tenerlos en cuenta dentro de la población objetivo debido a que también experimentan problemas debido a una prolongada época seca y la distribución errática de la precipitación (Figura 1). También es necesario tener en cuenta que, con los efectos del cambio climático, la vulnerabilidad a la sequía en estos 48 municipios puede incrementar en los próximos años, por lo que implementar medidas para mitigar estos efectos es de suma importancia para los productores de agricultura familiar. Por tanto, a lo largo del documento se entiende como población objetivo los 60 municipios del CSN y los 48 con vulnerabilidad baja a la sequía en las zonas circundantes.

A su vez, el INTA divide su área de intervención nacional en ocho regiones, incluyendo las Regiones Autónomas de la Costa Caribe Norte

(RAAN) y Sur (RAAS). Los 108 municipios del CSN y las zonas circundantes se encuentran dentro de las primeras seis regiones del INTA, por lo que se caracterizó la población objetivo en función de las regiones delimitadas por el INTA. La región 1 comprende los departamentos de Estelí, Madriz y Nueva Segovia. La región 2 corresponde a los departamentos de Chinandega y León. Managua corresponde a la región 3, mientras la región 4 la componen los departamentos de Carazo, Granada, Masaya y Rivas. En la región 5 están los departamentos de Boaco y Chontales, y en la región 6 Jinotega y Matagalpa. Cada región aglomera un grupo de departamentos con características productivas y fisiográficas similares. Una descripción detallada de dichas características se presenta en el Anexo 4.

Para caracterizar la población objetivo en toda la región, se consideraron cuatro aspectos en función de los objetivos del estudio. Los primeros dos aspectos fueron la disponibilidad y uso del recurso hídrico en la población objetivo y la implementación de prácticas culturales relacionadas con la GIRH y el aumento de la productividad, con el objetivo de identificar el acceso de la población objetivo al recurso y el uso actual de prácticas. Asimismo, se caracterizaron las distintas escalas productivas de la agricultura familiar y los modelos productivos característicos del CSN, con el objetivo de construir y recomendar los modelos de finca más apropiados para el análisis de los sistemas de GIRH propuestos para las distintas escalas productivas.

## 1.1. DISPONIBILIDAD Y USO DEL RECURSO HÍDRICO

Nicaragua cuenta con la mayor disponibilidad de recursos hídricos renovables per cápita

en Centroamérica (25.691 m<sup>3</sup>/año), sin embargo, existe una heterogénea distribución geográfica del recurso. La región Atlántica contiene el 74% de los recursos hídricos del país, concentrado casi en su totalidad en forma de agua superficial, debido a los caudalosos ríos y altos regímenes de precipitación de la región. En contraste, la región del Pacífico contiene el 93% de las aguas subterráneas del país, debido a las características geológicas y litológicas de la región, donde predominan los suelos volcánicos de permeabilidad alta que propician la captación y almacenamiento de agua subterránea. Por otro lado, los regímenes de precipitación desfavorables de distribución errática y las formaciones geológicas de la región Central, limitan el almacenamiento de agua subterránea, pero cuenta con importantes cuerpos de agua superficial como el lago de Apanás y Cocibolca (Zegarra & Chirinos, 2016).

En el CSN, el 58% de las EAs reportaron tener acceso a alguna fuente de agua, de los cuales el 62% tienen acceso a una fuente de agua superficial y el 52% a una fuente subterránea. La principal fuente de agua son los pozos perforados (27%), seguido de ríos y quebradas (22%) y manantiales (14%). En toda la región, más del 68% de las EAs en la primera, segunda y quinta región tiene acceso a fuentes de agua; en contraste con la tercera y cuarta región, donde solo el 42% y 38% tienen acceso a fuentes de agua, respectivamente. En la región dos en la costa norte del Pacífico predomina el acceso a fuentes de agua subterránea debido a las características hidrogeológicas de la región. Por otro lado, el acceso a fuentes de agua subterránea en las regiones del centro y norte del país es limitado, por lo que dependen mayormente de fuentes de agua superficial.

Si bien el número de productores con acceso a fuentes de agua es considerable, solo el 5% de los productores de agricultura familiar del

CSN tienen acceso a riego. En cuanto a escalas productivas, solo el 3,5% de los productores con superficies menores a 5 ha tienen acceso a riego, comparado con 5,5% de los productores con superficies superiores a las 5 ha. La superficie bajo riego equivale a tan solo el 0,6% de la superficie total de las EAs de agricultura familiar en el CSN y el 9,3% de la superficie cultivada <sup>11</sup> de las EAs de agricultura familiar del CSN. Entre las principales limitantes para acceder a sistemas de riego se pueden listar la inaccesibilidad a fuentes de agua y la permanencia de las mismas a lo largo del año, acceso a financiamiento y problemas con el manejo común de los recursos hídricos.

El sistema más común es el de riego por gravedad, que es usado por un 42% de las EAs con riego, seguido de un 22% utilizando riego por aspersión y un 14% por goteo. En cuanto a la adopción de los sistemas, el 86% de las EAs con acceso a riego utilizan el sistema, siendo los sistemas de aspersión los de mayor proporción de desuso. Según el tipo de fuente de agua utilizada para riego, el 63% tiene acceso a fuentes de agua superficial y 45% de agua subterránea, siendo los ríos, quebradas y pozos las principales fuentes de abastecimiento para irrigación.

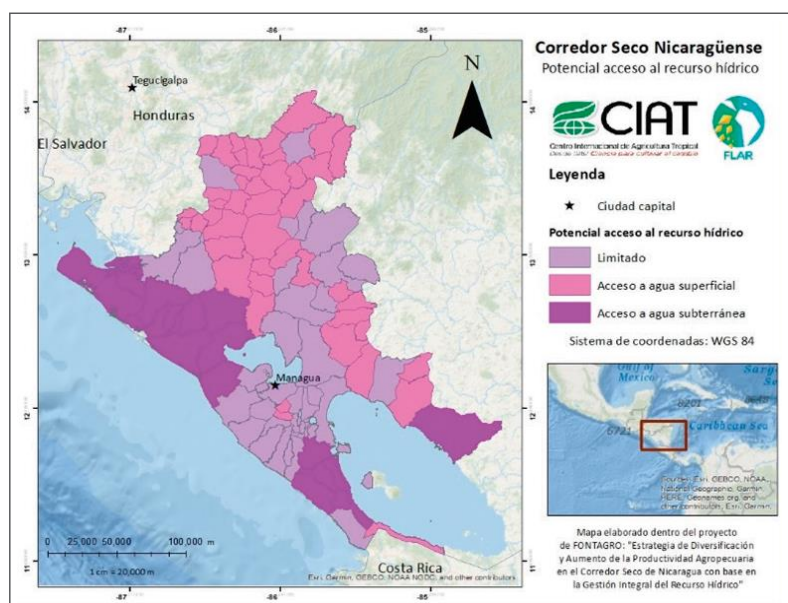
INTA ha categorizado el potencial acceso al recurso hídrico superficial y subterráneo para los 69 municipios del corredor seco atendidos por al menos un proyecto. Esta lista fue extendida para los 39 municipios restantes, utilizando como criterio la proporción de EAs con acceso a fuentes de agua. Los municipios con más de 50% de las EAs con acceso a fuentes superficiales de agua, fueron categorizados como municipios con potencial acceso al recurso hídrico, según el tipo de fuente. Es así como se mapearon 66 municipios que cuentan con potencial acceso al recurso hídrico, 46 a fuentes subterráneas y 20 a superficiales. En los otros 42 municipios el acceso es limitado (Figura 2).

11. Excluyendo el área sembrada de pastos.

## 1.2. IMPLEMENTACIÓN DE BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS Y USO DE INSUMOS

La implementación de buenas prácticas agrícolas (BPA), es un aspecto importante para el incremento de la productividad en el CSN. Las prácticas de conservación del suelo e incorporación de materia orgánica ayudan a conservar la estructura y composición del suelo, incrementando su capacidad de retención de humedad, microbiota en el suelo

y disponibilidad de nutrientes para la planta. Estos aspectos son de mayor trascendencia para los productores sin acceso a riego, ya que dependen únicamente del agua aportada por las precipitaciones durante los periodos de lluvia. Al incrementar la capacidad de retención del suelo, se reduce el riesgo de sequía por anomalías en la canícula durante la cosecha de primera y la siembra de postrema y postreón; asimismo, permite aprovechar la humedad residual del último periodo lluvioso para la siembra de apante en seco.



**Figura 2.** Potencial acceso al recurso hídrico según municipio.

Fuente: Elaboración propia con datos de INTA (2018)

Las BPA relacionadas a la conservación del suelo e incorporación de materia orgánica, identificadas por el CENAGRO, son el uso de barreras de retención y rompe vientos, cero-labranza, cultivos de cobertura, curvas de nivel, no quema y rotación de cultivos. La práctica de no quema es la más implementada a lo largo del CSN, con 29% de las EAs del CSN que la practican. La rotación de cultivos es implementada por el 14% de los productores, mientras que el 9% practica la cero-labranza al momento de la siembra. La siembra de cultivos de cobertura, a pesar de su importancia e impacto en la retención de humedad e incorporación de materia orgánica en el suelo, es llevada a cabo en tan solo 2% de los productores.

Prácticas más enfocadas en la reducción de la erosión del suelo, como el uso de curvas de nivel, barreras de retención, y barreras rompe vientos son implementadas por el 15%, 12% y 6% de los productores respectivamente. En la primera y sexta región, caracterizada por una escarpada topografía, el uso de barreras de retención y curvas a nivel es significativamente mayor que en el resto de las regiones. Otras BPA identificadas por el CENAGRO son la realización de rondas contra incendios, implementada por el 39% de las EAs, prácticas postcosecha llevadas a cabo por el 7%, y prácticas relacionadas al mantenimiento de los cultivos como la limpia-poda y el control de plagas y enfermedades, implementadas por el 39% y 75% de los productores.

En cuanto al uso de insumos para el control de plagas y enfermedades, el 67% de productores utiliza insecticidas y 34% fungicidas. El uso de herbicidas es común en el 57% de las EAs, mientras el uso de fertilizantes en el 48%. Un 9% reporta la utilización abono orgánico en la producción, de los cuales un 28% lo elaboran con materia disponible en la finca. Otro aspecto importante para mejorar la productividad es el uso de material genético de calidad, que generalmente se refleja en el tipo de semilla o material vegetativo que se usa en la producción. No obstante, solo el 12% de productores utilizan semilla mejorada y el 5% certificada. En cambio, el 81% de los productores optan por el uso de semillas criollas.

Al hacer una tabulación cruzada de la adopción de BPAs y uso de insumos entre los productores con y sin riego, se observaron diferencias significativas en la adopción de todas las BPAs listadas y uso de insumos, a excepción del uso de semilla criolla. La proporción de agricultores con sistemas de riego adoptando BPAs y usando insumos es significativamente mayor que la proporción de los agricultores sin riego ( $2 < 0.001$ ). Ya que otras variables como el nivel de ingresos pueden influir en la adopción de prácticas y uso de insumos, los resultados solo indican una relación y no una causalidad; no obstante, otorgan un panorama de las diferencias que existen entre los agricultores con y sin acceso a riego con respecto a la adopción de otras tecnologías, que a su vez se relacionan con las brechas de productividad entre ambos grupos.

### 1.3. ESCALAS PRODUCTIVAS

El grupo de productores de agricultura familiar se categorizó en función de la escala productiva con el objetivo de diseñar modelos productivos que se adecúen a los distintos tipos de productor. En Nicaragua la categorización se hace en función de la actividad principal de la explotación y en función de la extensión de la EA. En función de la actividad principal de la finca, el 60 % destina la mayor parte de la producción al autoconsumo. Este grupo se caracteriza por tener superficies

pequeñas de tierra y dedicarse principalmente

a la producción de granos básicos que, generalmente, se complementa con la siembra de hortalizas y frutales de patio, cría de aves de corral o bovinos para el consumo interno. Cuando existen excedentes de la producción estos son comercializados. El 26% se destina, la mayor parte, a la comercialización. Estos agricultores poseen una mayor extensión de tierra que los agricultores de subsistencia (11,6 ha) y comercializan sus productos a través de mercados ya establecidos, aunque también destinan parte de la producción al autoconsumo. El 14% restante se dedica mayormente a la producción animal y se caracterizan por una producción más extensiva enfocada principalmente en el pastoreo de ganado bovino. Si bien la gran mayoría de las EAs dentro de esta categoría comercializan parte de su producción y podrían ser categorizados dentro del segundo grupo, difieren debido a que en promedio tienen una superficie de tierra mayor a la de los dos grupos anteriores (22,1 ha).

El problema de esta categorización de escala productiva es que ignora el grupo de agricultores en transición del autoconsumo a la comercialización y, a su vez, excluye de estos tres grupos a los productores cuya principal actividad es la producción pecuaria, clasificándolos como una categoría independiente. Por lo tanto, para este estudio se utilizó la categorización propuesta en el proyecto de Agricultura Resiliente al Clima en el CSN (Banco Mundial, 2017), la cual define las categorías de agricultura familiar en función de la superficie de la EA. De acuerdo a esta categorización, el grupo de agricultura familiar de subsistencia representa el 42% de las EAs del CSN con un tamaño promedio de finca de 0,56 ha, el de transición al 52% de los productores con una superficie promedio de 6 ha, y el de agricultura familiar comercial representa a tan solo el 6% de las EAs delimitadas, con una superficie promedio de 26 ha. Existen marcadas diferencias entre escalas productivas. El acceso a asistencia técnica y créditos es significativamente mayor en las

EAs en transición y comercial, en comparación

con las de subsistencia. Asimismo, la proporción de familias que afrontan escasez de alimentos y que deben recurrir a trabajos fuera de la finca para generar ingresos adicionales es significativamente mayor en el grupo de agricultura familiar de subsistencia, que en el de transición y comercial. Asimismo, el acceso a tecnologías para incrementar la productividad y la implementación de práctica guarda la misma relación. Esto pone en evidencia la importancia de priorizar a la agricultura familiar al momento de seleccionar una población a atender.

#### 1.4. MODELOS PRODUCTIVOS

En adición a las escalas productivas, para armar los escenarios de sistemas de GIRH y diversificación de los sistemas productivos, se identificaron los cultivos y modelos productivos más recurrentes en el CSN. Los principales cultivos en el CSN, en función del número de EAs de agricultura familiar produciéndolos, son: maíz, frijol, café, yuca, pipián, musáceas y ayote. En adición a las musáceas y el café, los frutales más producidos son: jocote, guayaba, guanábana, zapote, mamón, tamarindo, nancite, cítricos, mango, aguacate y sandía. En cuanto a otros tubérculos y hortalizas es recurrente la producción de tomate, chiltoma, cebolla, papa, chayote y repollo. En la producción pecuaria predominan la crianza de aves de corral, bovinos y porcinos.

El 62 % de las EAs en el CSN producen dos o más cultivos y el 60 % complementan la producción agrícola con la pecuaria, por lo que se construyeron modelos productivos priorizando las combinaciones de los 15 cultivos más frecuentes en la región, en adición a la producción de ganado bovino<sup>12</sup>. El modelo productivo más recurrente es la producción de maíz y frijol, presente en el 59 % de las EAs del CSN. Esta combinación constituye el modelo básico y característico del agricultor familiar del corredor seco, sobre todo de aquellos de subsistencia, ya que ambos granos son una parte esencial de la dieta local. El 27 % de las EAs combinan el modelo de maíz y frijol con la crianza de ganado bovino, mientras un 11 %

añaden a la ecuación la producción de pipián y 8 % de sorgo millón. Las combinaciones de maíz con otros cultivos comunes en el CSN (yuca, pipián, ayote, tomate, sorgo millón, café y chiltoma) son producidos por más del 12 % de las EAs, así como la combinación de frijol con yuca, tomate o pipián.

A nivel regional existen diferencias notables. Por ejemplo, los modelos de producción con ganadería son más recurrentes en la primera y quinta región, mientras los modelos que incluyen la producción de arroz son relevantes en la cuarta región. En las regiones con topografías más montañosas y climas más templados (Región 1, 3 y 6) predomina la producción de café que, por lo general, se complementa con la producción de granos básicos y frutales. En el Anexo 4 se puede encontrar una caracterización detallada de la población objetivo y los modelos productivos a nivel regional.

#### 1.5. CRITERIOS DE SELECCIÓN PARA LA POBLACIÓN OBJETIVO

En función de las características descritas de la población del CSN y considerando la agenda de investigación y los criterios sugeridos por INTA para la selección de población objetivo, se proponen los siguientes criterios para la segmentación y selección de la población objetivo:

1. Segmentar la población objetivo en dos grupos principales: i) familias productoras con acceso potencial a fuentes de agua y con la capacidad de utilizar estas fuentes para riego y ii) familias productoras con acceso limitado a fuentes de agua o capacidades limitadas para explotar la fuente.

Esta categorización se propone en función de la aplicabilidad de ciertos sistemas para la GIRH. Por una parte, los sistemas para aprovechar el agua para irrigación no solo se limitan a la disponibilidad de agua sino también a la capacidad de las familias de acceder a fuentes de financiamiento y pagar la instalación, mantenimiento y uso

12. La producción de aves y cerdos se excluyó del análisis, ya que en su mayoría se limita a la cría de un reducido número de animales de patio para el autoconsumo.

de sistemas de irrigación. Esta capacidad está estrechamente ligada a los ingresos generados por la producción que, a su vez, se relaciona con las tipologías de productores propuestas.

Por otro parte, excluir a las familias con limitada disponibilidad de fuentes de agua y capacidad para costear sistemas para el aprovechamiento de la misma, descuidaría al sector más vulnerable de la población del CSN. Además, existen sistemas de producción que consideran la GIRH que pueden ser adoptados por este sector de la población. Estos sistemas, enfocados en el uso de insumos y prácticas para mejorar la eficiencia en el uso del agua disponible durante la producción, apuntan a incrementar la productividad y la consecuente generación de ingresos, para así apoyar a las familias protagonistas en el proceso de transición de agricultura de subsistencia a agricultura comercial.

2. Priorizar los municipios a atender en función del alcance de los cuatro proyectos relacionados a la GIRH en CSN, en los cuales el INTA ha sido partícipe, con el objetivo de fortalecer las acciones ya implementadas y crear sinergias con organizaciones nacionales, regionales y locales con experiencia en el proceso. Asimismo, considerar la vulnerabilidad de los municipios para identificar aquellos que hayan sido excluidos de los proyectos implementados, pero que sea prioritario atenderlos. Estos criterios podrían complementarse con información de niveles de pobreza, inseguridad alimentaria, emigración rural y otros indicadores que puedan considerarse relevantes para atender a la población.

3. Es necesario priorizar la atención a los municipios con vulnerabilidad severa y alta a la sequía para la implementación de futuras intervenciones. No obstante, hay que tener en cuenta que las prácticas recomendadas pueden ser aplicadas en los municipios de vulnerabilidad baja, y que de todas maneras

son necesarias para incrementar los rendimientos marginales de producción en esos municipios. Considerando un escenario de incremento en los efectos del cambio climático en los próximos años, implementar medidas de mitigación y adaptación en los sistemas productivos de agricultura familiar es necesario.

4. Considerar las capacidades de la estructura de transferencia del INTA al momento de definir el alcance de la población objetivo a atender. Esto incluye una equitativa distribución del trabajo en los Centros Regionales, presencia de los Centros de Desarrollo Tecnológico y Estaciones Experimentales, disponibilidad de recurso humano y distribución de las FIITs y su posible alcance a las fincas vecinas. Es también remendado identificar otros productores líderes en el CSN, quienes ya hayan tenido experiencia en el uso de sistemas de GIRH, con el objetivo de facilitar la transferencia de tecnologías y expandir el alcance que actualmente tiene INTA a través de las FIITs.

5. Adecuar los objetivos de los proyectos con las características fisiográficas y productivas de las regiones/municipios a atender, para lo cual es relevante considerar la priorización de modelos productivos y caracterización de las EAs.

6. Considerar las escalas productivas. Es evidente que, de los productores de agricultura familiar, el grupo de productores de subsistencia son los más vulnerables y con mayores necesidades, pero a su vez con quienes se debe efectuar una cuidadosa selección de las actividades a implementar o tecnologías a difundir, debido a las limitantes que este grupo tiene en cuanto a la adopción de las mismas. Es necesario enfocarse en el fortalecimiento de capacidades de este grupo de productores, apuntando a facilitar la conversión de agricultura familiar de subsistencia a de transición, y eventualmente, a una agricultura familiar de escala comercial.

## 2. Capítulo 2. Análisis técnico-económico-financiero de sistemas de GIRH

El presente capítulo resume los resultados de un análisis técnico-económico-financiero de sistemas de GIRH con potencial de ser implementados en el CSN. Este primer análisis tiene el objetivo de analizar la factibilidad de implementar los sistemas propuestos, considerando un modelo tradicional de producción para las tres distintas escalas productivas de agricultura familiar identificadas en el capítulo anterior. Una descripción detallada de la metodología utilizada para el análisis puede encontrarse en el Anexo 3 y todo el compendio de resultados en el Anexo 5.

### 2.1. ANÁLISIS TÉCNICO

A nivel de la agricultura familiar, el rendimiento de los cultivos en el CSN es bajo e inestable. La caracterización de la población objetivo puso en evidencia la limitada implementación de buenas prácticas y uso de insumos para el manejo de cultivos. Esto se relaciona con el bajo acceso a riego, que limita la producción a la época lluviosa e incrementa el riesgo de sequía, lo que lo convierte en la principal limitante para la adopción de tecnologías para incrementar la producción. Si bien el riego es la solución evidente al problema, el acceso a fuentes de agua a lo largo del CSN es limitado y costoso, además, conlleva a una serie de retos socio-ambientales. En este sentido se proponen tres sistemas de GIRH que no dependen de la explotación de fuentes de agua naturales, sino de la maximización de los recursos disponibles en finca.

#### 2.1.1. Sistemas de cosecha de agua lluvia

Una alternativa a la explotación de fuentes de agua para sistemas de riego es la cosecha de agua lluvia. El sistema se basa en la

recolección del exceso de precipitación in-situ en forma de escorrentía, la cual es almacenada para su posterior uso en periodos de estrés hídrico. Simples técnicas de captación de agua, combinadas con el almacenamiento adecuado, pueden proporcionar suficientes recursos hídricos para riego en áreas pequeñas de producción.

La cosecha de agua no es una tecnología nueva en el CSN. Fue originalmente introducida por CIAT-FLAR en 2009 con productores de diversas escalas, no solo de agricultura familiar, con un proyecto piloto financiado por el Fondo Común para los Productos Básicos (CFC, por su sigla en inglés). Durante los cuatro años de implementación del proyecto, se construyeron exitosamente 12 reservorios a lo largo del CSN para la producción de cultivos, peces y pasturas. La disponibilidad de agua para irrigación, acompañada con prácticas agronómicas de alta productividad, resultó en importantes incrementos en rendimientos de varios cultivos, leche y pescado, así como un aumento en el ingreso de los agricultores.

Existen una serie de factores fundamentales a considerar al momento de implementar el sistema, los cuales requieren el soporte de análisis hidrogeológicos, utilización de estudios topográficos, e información de clima, suelos y cultivos. Entre los factores a considerar está la selección del sitio, dimensionamiento del reservorio y estimación de los costos de construcción. En este sentido, las principales limitantes para la implementación de esta tecnología en Nicaragua son: la falta de maquinaria adecuada para la construcción de reservorios y de tecnología que facilite la selección de sitio y la limitada disponibilidad de datos de clima y cultivos para el dimensionamiento de los reservorios. Estos

aspectos pueden ser mejorados a través de la investigación y el desarrollo de tecnologías que faciliten el proceso, así como la capacitación de personal técnico para el proceso.

### **2.1.2. Mejorando la capacidad de retención de agua en el suelo**

La implementación de sistemas de cosecha de agua se limita a productores con la disponibilidad e idoneidad de terreno para la construcción de reservorios y en regiones con oferta de precipitación suficiente para suplir la demanda hídrica estimada. Una alternativa para los productores con capacidades limitadas para la construcción de reservorios e imposibilitados de acceder a otras fuentes de riego, es incrementar la capacidad de retención de agua del suelo. A mayor cantidad de agua retenida en el suelo, mayor cantidad de tiempo que el cultivo puede crecer entre lluvias y menor probabilidad de sufrir estrés hídrico. Adicionalmente, al incrementar la retención de agua en el suelo, se reduce la frecuencia de irrigación para satisfacer las necesidades del cultivo y, por lo tanto, se disminuye el consumo de agua y energía para riego. El equipo técnico del INTA es consciente de esta necesidad y cuenta con un componente en su agenda de investigación enfocado en este aspecto.

La materia orgánica en el suelo ejerce grandes efectos en la retención de agua, al alterar la estructura del suelo, incrementando la porosidad, y subsecuentemente, la infiltración de agua. Un incremento del 3% de contenido de materia orgánica puede resultar en la retención de aproximadamente 1.000 m<sup>3</sup> en los primeros 50 cm de un suelo de textura franca, duplicando la capacidad de retención del agua (Huntington, 2007). Incrementar la cantidad de materia orgánica en el suelo no es sencillo, no obstante, la incorporación de pequeñas cantidades a lo largo del tiempo es factible y puede resultar en incrementos significativos en la productividad. Entre las fuentes de materia orgánica están los residuos de maíz, cultivos de cobertura y pasturas.

Asimismo, la implementación de BPAs como labranza cero y labranza reducida, cultivos de cobertura, rotación, no quema y uso de mulch pueden incrementar la capacidad de retención de agua en el suelo y la reducción de pérdidas de suelo por escorrentía. Otra tecnología promisoría para incrementar En este sentido, el INTA cuenta con una línea de investigación en el manejo sostenible de los cultivos, donde se han desarrollado diversos trabajos de investigación en las prácticas mencionadas.

### **2.1.3. Uso de variedades mejoradas**

La obtención de agua para irrigación elimina muchos de los riesgos relacionados a la sequía, facilitando la inversión en insumos y adopción de prácticas agronómicas para la obtención de altos rendimientos por parte de las familias protagonistas. Entre las prácticas está el uso semilla de alta calidad de germoplasma mejorado, el cual debe ser complementado con prácticas para incrementar la productividad como fertilización adecuada, uso de productos para la protección de cultivos y prácticas agronómicas que mejoren el suelo, como las mencionadas anteriormente. Muchos de estos insumos requieren de fuentes de financiamiento y un extensivo acompañamiento técnico de transferencia de tecnología para los protagonistas, aunque alternativas de menor costo como fitomejoramiento participativo se presentan como opciones promisorias que deberían ser analizadas a mayor detalle, aprovechando el hecho de que INTA cuenta con una estrategia de fitomejoramiento participativo con productores locales.

El INTA también ha hecho un extensivo trabajo en la identificación de variedades mejoradas adaptadas a las condiciones del CSN, especialmente para maíz, frijoles y forrajes; los cuales deben estar disponibles para validación en campo o diseminación con los productores. El INTA también cuenta con un programa para el manejo sostenible de los cultivos, que puede facilitar la difusión de prácticas y tecnologías para mejorar la GIRH en la producción tales como cultivos de cobertura, cero labranzas



y rotación de cultivos. Este tercer sistema propuesto no se presenta como un sistema independiente, sino como un factor que complementa la implementación de los otros dos sistemas.

## 2.2. ANÁLISIS ECONÓMICO-FINANCIERO

Para el modelo de agricultura familiar de subsistencia, el incremento en rendimientos genera mayor utilidad que en un sistema sin GIRH, no obstante, la relación beneficio-costos de los modelos con GIRH es menor que la de los sin GIRH<sup>13</sup>, tanto para el escenario base, como para el supuesto (Tabla 1). Esto implica que la proporción del costo sobre los ingresos es mayor en el caso del sistema propuesto. Si bien con el modelo propuesto existe una mayor generación de ganancias netas, resulta importante encontrar estrategias que permitan la reducción de costos y el incremento en los rendimientos propuestos. También es necesario considerar que si bien la relación beneficio-costos es menor, una transformación de un sistema tradicional a uno más tecnificado reduce el riesgo del productor a pérdidas por sequía.

Para el caso del escenario propuesto, un incremento en los precios podría afectar los ingresos, casi al punto en el cual la inversión dejaría de ser atractiva. El análisis de este modelo pone también en evidencia que, si bien un incremento en los rendimientos a través de la implementación de prácticas y uso de insumos puede incrementar sustancialmente los ingresos de los protagonistas, la necesidad de riego sigue prevaleciendo. El acceso a riego no solo incrementa los rendimientos y reduce el riesgo, sino también permite generar ingresos adicionales en la época seca.

Para el modelo de finca de agricultura familiar de transición, el sistema de Cosecha de Agua incrementa sustancialmente los ingresos generados (Tabla 2). La inversión

en el reservorio se recupera en un período de dos años y la TIR es considerablemente más alta que los intereses presentes en el mercado. Asimismo, la relación beneficio costo es mayor que la calculada para el sistema sin GIRH, a pesar de que los costos de producción son mayores debido al uso de insumos y un incremento en las labores por el uso de prácticas. La inversión sigue siendo rentable bajo un escenario desfavorable con un incremento anual en los costos, mayor al incremento de los precios de venta de los distintos productos. Asumiendo un apoyo económico para la construcción de los reservorios, el periodo de recuperación de la inversión se reduce a un año, lo que hace aún más atractiva la inversión.

En el caso del modelo de finca de agricultura familiar comercial, el retorno sobre la inversión es el más alto en comparación con otras escalas productivas (Tabla 3). Con un retorno de periodo de la inversión de un año y una TIR que supera a crecientes cualquier tasa disponible en el mercado, el modelo es bastante atractivo para cualquier inversionista. A mayor superficie los costos de producción se reducen, así como el costo relativo de construcción del reservorio. Incluso bajo un escenario desfavorable de incremento en los costos de producción la inversión es atractiva, mientras que en el sistema sin GIRH las utilidades empiezan a ser negativas. Pese a que en el presente análisis se asume que toda la producción es comercializada, en la realidad las explotaciones de agricultura familiar de subsistencia y transición tienden a destinar una mayor proporción de la producción al autoconsumo; por lo que la utilidad percibida tiende a ser menor que la estimada. Por otro lado, en el caso de las explotaciones comerciales, la proporción de producción destinada al autoconsumo es mínima y la utilidad percibida es equiparable a la calculada.

13. Para una descripción más detalladas de los modelos utilizados en el análisis, revisar la Tabla 8 en el Anexo 3.

**Tabla 1.** Resumen de indicadores del análisis económico-financiero para un sistema de GIRH para un modelo de finca de agricultura familiar de subsistencia.

	Sin supuestos		Incremento del 5.4% en el costo de producción y 3 % en el precio	
	Sin GIRH	Con GIRH	Sin GIRH	Con GIRH
<b>VAN (USD)</b>	4.983	9.219	3.446	4.199
<b>TIR</b>	NA	NA	NA	NA
<b>PRI</b>	NA	NA	NA	NA
<b>Beneficio-costo</b>	1.19	1.12	1.08	1.02

VAN= Valor Actual Neto TIR = Tasa Interna de Retorno PRI= Periodo de Retorno de la Inversión

**Tabla 2.** Resumen de indicadores del análisis económico-financiero para un sistema de GIRH para un modelo de finca de agricultura familiar de transición.

	Sin supuestos		Incremento del 5.4 % en el costo de producción y 3 % en el precio		Bono de cosecha de agua
	Sin GIRH	Con GIRH	Sin GIRH	Con GIRH	Con GIRH
<b>VAN (USD)</b>	4.983	9.219	3.446	4.199	97.267
<b>TIR</b>	NA	NA	NA	NA	48%
<b>PRI</b>	NA	NA	NA	NA	1
<b>Beneficio-costo</b>	1.04	1.24	0.95	1.19	1.62

VAN= Valor Actual Neto TIR = Tasa Interna de Retorno PRI= Periodo de Retorno de la Inversión

**Tabla 3.** Resumen de indicadores del análisis económico-financiero para un sistema de GIRH para un modelo de finca de agricultura familiar comercial.

	Sin supuestos		Incremento del 5.4 % en el costo de producción y 3 % en el precio		Bono de cosecha de agua
	Sin GIRH	Con GIRH	Sin GIRH	Con GIRH	Con GIRH
<b>VAN (USD)</b>	5.520	2.559.950	-62.600	2.818.280	2.822.558
<b>TIR</b>	NA	157%	NA	160%	162%
<b>PRI</b>	NA	1	NA	1	1
<b>Beneficio-costo</b>	1.01	3.80	0.91	3.90	3.91

VAN= Valor Actual Neto TIR = Tasa Interna de Retorno PRI= Periodo de Retorno de la Inversión

## 3. Capítulo 3. Análisis técnico-económico-financiero de sistemas de modelos de diversificación y de la integración de sistemas de GIRH para los modelos identificados

Como se evidenció en el primer capítulo, los modelos productivos del CSN se caracterizan por una fuerte dominancia de la producción de maíz y frijol. Si bien la producción de granos básicos es de gran importancia y en muchos casos se complementa con algunas hortalizas y frutas de patio, es imperativa la necesidad de diversificar estos modelos. Esto no solo en el sentido de mejorar la diversidad de la dieta y contribuir a la seguridad alimentaria, sino también de generar más ingresos y mejorar el nivel de vida de los productores, además de diversificar la producción como estrategia de reducción del riesgo a sequía.

El presente capítulo propone una estrategia de diversificación de los modelos productivos del CSN, presentando un análisis técnico-económico-financiero de modelos productivos diversificados identificados y de la integración de estos modelos con los sistemas de GIRH propuestos en el Capítulo 2. El Anexo 6 detalla este análisis para los sistemas de diversificación identificados y el Anexo 7 presenta el análisis para la integración de los sistemas de GIRH propuestos en los modelos identificados. A continuación, se presenta una compilación de los principales resultados.

### 3.1. ANÁLISIS TÉCNICO

Como parte de la estrategia para la GIRH, es necesaria la investigación y popularización de especies promisorias en las diferentes zonas agroecológicas del CSN. Para lograr este objetivo, se plantea la formulación y promoción de Planes de Diversificación Productiva (PDP) que, además de mejorar

la diversidad de las dietas locales y el autoconsumo, faciliten el acceso a mercados de alto valor para aumentar el ingreso y la calidad de vida de las familias protagonistas. Para formular los PDP, se debe comenzar por generar conciencia y conocimiento sobre los principales beneficios de estos planes con los productores, personal técnico y tomadores de decisiones. Posteriormente, se deben concentrar los esfuerzos del personal técnico en la preparación e implementación de parcelas piloto en las FIITs, en donde se deben conducir estudios de factibilidad que provean conocimientos y experiencia sobre los aspectos más relevantes de los diferentes modelos de diversificación.

Los procesos de validación y transferencia de los PDP pueden comenzar con las FIITs que cuenten con el potencial de implementar los sistemas de GIRH identificados en el segundo capítulo. Adicionalmente, se puede pensar en realizar un diagnóstico del potencial de diversificación en las cinco regiones del corredor seco que permita conocer el estado de arte de la matriz productiva en la región, las actividades de los programas de diversificación que operan actualmente y los mercados potenciales para la comercialización de los productos identificados. A la diversificación se le ha otorgado una alta prioridad en los planes nacionales de desarrollo, dada su efectividad para incrementar los ingresos a nivel de finca (INTA, 2017). Sin embargo, la clave del éxito radica en conectar la investigación y extensión con los usuarios finales, mediante estrategias de promoción eficaces, que garanticen la adopción masiva de los PDP.

Un estudio conjunto de la FAO, Acción Contra el Hambre y la Unión Europea realizado en 2012, identificó las principales especies con potencial productivo en el CSN (Bendaña, 2012). En adición a las especies identificadas, se consideró necesario agregar otras especies como hortalizas de alto valor, cultivos de cobertura, forestales y animales. En total, se identificaron 51 especies vegetales y dos animales, en adición a la producción de miel de jicote (Tabla 4). Es importante considerar que la inclusión de estas especies en los modelos de finca del CSN dependen de diversos factores tales como las condiciones

agroclimáticas, situación temporal de los mercados, disponibilidad de semilla o material vegetativo, conocimiento del agricultor en el cultivo, preferencias culturales y otros. Por lo tanto, evaluar la factibilidad de adopción de cada uno de los 53 productos identificados es una tarea que requiere de investigación desde un punto de vista agronómico, económico y social. Si bien el presente documento analiza la factibilidad económica-financiera de algunos cultivos identificados, es importante recalcar que los modelos productivos no deben limitarse a los evaluados.

**Tabla 4.** Cultivos y animales con potencial de mercado.

<b>Granos básicos</b>	<b>Sorgo, maicillón, chíá, amaranto y soya</b>
<b>Hortalizas</b>	Chiles, chiltoma, tomate, cebolla, pipián, ayote, okra, sandía, melón y pepino
<b>Frutas</b>	Mango, limón, jocote, jícara, piñuela, tamarindo, marañón, naranja, mandarina, aguacate, cálala, papaya, piña, plátano, banano, nancite, vid y pitaya
<b>Raíces y tubérculos</b>	Yuca, papa y camote
<b>Especies aromáticas y medicinales</b>	Albaca, valeriana, sábila, pimienta, canela, sábila, nopal y moringa
<b>Forestales</b>	Mandagual, genízaro y pochote
<b>Cultivos de cobertura y forrajes</b>	Zacate limón, caña taiwanesa y eritrina
<b>Animales</b>	Ganado bovino y tilapias
<b>Otros productos</b>	Tabaco, miel de jicote, cabras y tilapia

Elaborado con datos de Bendaña (2012)

Los sistemas de GIRH para la implementación de los PDP son (1) cosecha de agua, (2) prácticas para aumentar la capacidad de retención de humedad de los suelos, (3) uso de germoplasma élite (variedades tolerantes a la sequía y (4) sistemas silvopastoriles y agroforestales. Este último sistema se adicionó a los ya analizados en el capítulo anterior, dada la relevancia de la producción de la producción ganadera en el CSN. Un 43 % de las EAs se dedican a la producción de ganado, el cual es frecuentemente complementado con la producción de granos básicos y hortalizas

(INIDE, 2011). El Anexo 6 presenta un análisis técnico detallado de estos sistemas.

### **3.2. ANÁLISIS ECONÓMICO-FINANCIERO**

Tras el análisis de flujos de inversión de los sistemas de GIRH para los tres modelos productivos identificados para cada categoría de productor, se determinó que todos los sistemas analizados son rentables. En el modelo de agricultura familiar de subsistencia, el modelo de granos básicos y cucurbitáceas fue el más rentable, seguido del modelo

tradicional y el modelo granos básicos con ganadería y tilapia. El periodo de retorno de la inversión fue de un año. Asimismo, ninguno de los modelos dejó de ser rentable bajo el supuesto económico analizado.

En el caso del modelo de agricultura familiar de transición, la alternativa más rentable fue el modelo de granos básicos y cucurbitáceas (Modelo 3) con sistema de cosecha de agua, seguido del modelo de ganadería y tilapia con cosecha de agua y silvopastoriles (Modelo 7), y el de granos básicos con cucurbitáceas

y solanáceas (Modelo 5) implementando un sistema de cosecha de agua. Para el caso de agricultura familiar comercial, al igual que en las otras dos escalas de productores, el modelo de granos básicos con cucurbitáceas fue el más rentable (Modelo 3), seguido de los modelos de granos básicos con cucurbitáceas y solanáceas (Modelo 5) y el modelo tradicional (Modelo 1); todos considerando la implementación de un sistema de cosecha de agua (Tabla 5). Para todos los casos, los modelos no dejaron de ser rentables bajo el supuesto económico analizado (Tabla 6).

**Tabla 5.** Resumen de indicadores del análisis financiero para sistemas de Gestión Integral del Recurso Hídrico de los modelos productivos de diversificación identificados.

Agricultura familiar de subsistencia								
Modelo	Costos	Ingreso (USD)	Utilidad (USD)	VAN (USD)	Beneficio-costo	Rentabilidad	TIR	PRI (años)
<b>Modelo 1</b>	1.088	3.945	2.857	83.485	2.9	227 %	470 %	1
<b>Modelo 3</b>	1.781	7.276	5.496	169.726	3.6	283 %	920 %	1
<b>Modelo 7</b>	3.727	11.277	7.550	230.627	2.7	189 %	640 %	1

Agricultura familiar de subsistencia								
Modelo	Costos	Ingreso (USD)	Utilidad (USD)	VAN (USD)	Beneficio-costo	Rentabilidad	TIR	PRI (años)
<b>Modelo 3</b>	12.405	60.019	47.614	1.447.678	4,1	330 %	360 %	1
<b>Modelo 5</b>	6.835	22.414	15.579	410.970	2,6	228 %	120 %	1
<b>Modelo 7</b>	26.334	78.728	52.394	1.606.747	2,8	199 %	380 %	1

Agricultura familiar de subsistencia								
Modelo	Costos	Ingreso (USD)	Utilidad (USD)	VAN (USD)	Beneficio-costo	Rentabilidad	TIR	PRI (años)
<b>Modelo 1</b>	42.196	151.672	109.476	3.120.134	3,0	259 %	180 %	1
<b>Modelo 3</b>	56.105	263.098	206.992	6.307.630	4,0	369 %	350 %	1
<b>Modelo 5</b>	30.592	110.499	79.908	2.153.636	2,8	261 %	130 %	1

VAN= Valor Actual Neto TIR = Tasa Interna de Retorno PRI= Periodo de Retorno de la Inversión

**Tabla 6.** Resumen de indicadores del análisis económico para sistemas de Gestión Integral del Recurso Hídrico de los modelos productivos de diversificación identificados.

Agricultura familiar de subsistencia								
Modelo	Costos	Ingreso (USD)	Utilidad (USD)	VAN (USD)	Beneficio-costo	Rentabilidad	TIR	PRI (años)
<b>Modelo 1</b>	1.147	4.064	2.917	85.433	2,9	222 %	479 %	1
<b>Modelo 3</b>	1.877	7.495	5.618	173.719	3,5	276 %	941 %	1
<b>Modelo 7</b>	3.929	11.615	7.687	235.107	2,7	183 %	652 %	1

Agricultura familiar de subsistencia								
Modelo	Costos	Ingreso (USD)	Utilidad (USD)	VAN (USD)	Beneficio-costo	Rentabilidad	TIR	PRI (años)
<b>Modelo 3</b>	13.075	61.819	48.745	1.484.637	4.1	323 %	373 %	1
<b>Modelo 5</b>	7.204	23.086	15.882	420.884	2.5	220 %	125 %	1
<b>Modelo 7</b>	27.756	81.090	53.334	1.637.466	2.7	192 %	389 %	1

Agricultura familiar de subsistencia								
Modelo	Costos	Ingreso (USD)	Utilidad (USD)	VAN (USD)	Beneficio-costo	Rentabilidad	TIR	PRI (años)
<b>Modelo 1</b>	44.475	156.222	111.748	3.194.385	2.9	251 %	188 %	1
<b>Modelo 3</b>	59.135	270.990	211.855	6.466.594	4.0	358 %	356 %	1
<b>Modelo 5</b>	32.243	113.814	81.571	2.207.995	2.8	253 %	137 %	1

VAN= Valor Actual Neto TIR = Tasa Interna de Retorno PRI= Periodo de Retorno de la Inversión

## 4. Capítulo 4. Análisis de cadenas de valor y de mercado

El presente capítulo presenta un resumen de las cadenas de valor de tres grupos de productos identificados en función de las características de los modelos productivos del CSN, su potencial de mercado y la rentabilidad de los mismos. Un análisis detallado de estas cadenas de valor puede encontrarse en el Anexo 8. Cabe recalcar que los modelos productivos a incentivar en el CSN no se deben limitar a los productos descritos en el presente capítulo;

no obstante, el presente mapeo otorga una idea de los potenciales mercados hacia donde se pueden enfocar los protagonistas del CSN.

### 4.1. MAÍZ

El 88 % de las EAs de agricultura familiar del CSN producen maíz en al menos una época del año, siendo el cultivo más producido en la región (INIDE, 2011). Este cultivo es de

gran importancia para los productores de agricultura familiar, quienes destinan parte de la producción para el autoconsumo. El maíz es el producto de origen vegetal más consumido a nivel nacional, aportando al 24% de la ingesta calórica per-cápita y en igual proporción a la ingesta proteica per-cápita (FAO, 2017). La producción se concentra mayormente en variedades de maíz blanco, destinado al consumo humano; mientras que el maíz amarillo se destina principalmente a la industria de pienso animal.

A nivel nacional se cuenta con buena infraestructura para el almacenamiento y procesamiento, así como una fortalecida estructura organizacional a nivel de productores. En 2013, en Nicaragua se mapearon 31 cooperativas de productores de maíz, seis empresas procesadoras, 166.567 productores, ocho productores de semilla y 150 industrias procesadoras. Asimismo, en el marco del programa Post Cosecha en Centro América, impulsado por COSUDE desde 1983 a 2009, se construyeron 120.000 silos con capacidad de almacenar 3.0865 t de grano (IICA, 2013). También está la Empresa Nicaragüense de Alimentos Básicos (ENABAS), la cual brinda servicios de procesamiento y almacenamiento de granos básicos, priorizando a los pequeños y medianos productores. ENABAS cuenta con silos y bodegas para el procesamiento y almacenamiento de granos a lo largo del territorio nacional, con una capacidad instalada de almacenamiento de 185.000 t.

La principal limitante en la cadena de valor de este producto es la baja productividad. Nicaragua tiene el rendimiento promedio más bajo en la región (1,3 t/ha). Asimismo, ha experimentado una baja en la producción. En 2017, se cosecharon 408.415 t en 319.200 ha en todo el país, lo que significó una caída del 1% en volumen y 9% en área con relación al 2016. La baja productividad está asociada a una serie de factores, entre los cuales está la vulnerabilidad a la sequía, bajos niveles de tecnificación y limitada adopción

de variedades mejoradas. No obstante, existe un gran potencial de crecimiento y buenas oportunidades de mercado a nivel nacional e internacional.

En la última década de referencia (2004-2013), el consumo de maíz en Nicaragua se incrementó en un 18%. La producción nacional no logra abastecer esta creciente demanda. Actualmente, el país es un importador neto de maíz. En 2015 se importaron 117.889 t de maíz por un valor de 37,9 millones dólares, casi cuadruplicando el valor importado en un lapso de 10 años. Si bien parte de las importaciones de maíz se destinan a la producción de alimento animal, las importaciones buscan abastecer las deficiencias en oferta del mercado local en épocas de desabastecimiento, sobre todo en época seca.

Por otro lado, en épocas de excedentes, el mercado de las exportaciones se presenta como una alternativa. La cantidad exportada creció a una tasa promedio de 193% en los últimos 10 años, alcanzando las 4.374 t exportadas en 2015, por un valor de 0,86 millones de dólares. No obstante, las restricciones arancelarias y no arancelarias a las exportaciones de granos básicos, al ser considerados cultivos de alta importancia para la seguridad alimentaria del país, pueden ser una limitante al momento de aprovechar esta oportunidad de mercado (Urbina, Alemán, Martínez, & Jarquín, 2012).

## 4.2. FRIJOL

Después del maíz, el frijol es el segundo cultivo más producido en CSN, con 65% de las EAs cultivando frijol en, al menos, una época del año (INIDE, 2011). La producción se enfoca en variedades de frijol rojo, aunque en los últimos años se ha evidenciado un incremento en la producción de frijol negro para el mercado de exportación. El frijol es el cuarto producto de origen vegetal más consumido en el país, aportando al 7,5% de la ingesta calórica y

18,5% de la ingesta proteica per-cápita, por lo que, al igual que el maíz, es de alta importancia para la seguridad alimentaria y relevante en la dieta local.

Si bien el área cosechada en los últimos cuatro años de referencia (2014 - 2017) ha reducido en un 10 %, la cantidad cosechada ha incrementado en 21 % gracias a un incremento en rendimiento del 34 %. Sin embargo, los rendimientos siguen siendo bajos en comparación a otros países de la región. Nicaragua tiene el segundo rendimiento promedio más bajo en la región (0,9 t/ha), después de Costa Rica. Al igual que el caso del maíz, los bajos rendimientos se atribuyen, entre otros factores, al limitado nivel de tecnificación en la producción y la vulnerabilidad a la sequía de los pequeños productores.

Se identificaron 44 cooperativas de productores, 32 empresas procesadoras, 138.879 productores de grano y 13 productores de semilla; en adición a 39 industrias que procesan frijol nicaragüense a nivel internacional (IICA, 2013). La infraestructura de almacenamiento y procesamiento anteriormente mencionada para el caso de maíz fue pensada para granos básicos en general, incluyendo frijol. A esto se suman las capacidades de ENABAS y los servicios que ofrecen para el procesamiento y almacenamiento de frijol.

En cuanto al mercado, existe potencial en el ámbito nacional y de exportación. En la última década de referencia (2004-2013), el consumo de frijol incrementó en un 39 %, tendencia que se espera siga creciendo con el incremento poblacional. Asimismo, la producción con riego podría suplir las importaciones en época de déficit, las cuales en 2017 fueron estimadas por un valor de 9,5 millones de dólares, equivalente a 9.504 t de frijol importado.

Paralelamente, el mercado de exportación ha sido muy bien explotado en los últimos años. En términos de volumen, Nicaragua es un

exportador neto de frijol, es decir, la cantidad exportada es mayor que la importada. En 2015 se exportaron 48.333 t de frijol por un valor 72,28 millones de dólares. La cantidad exportada de frijol incrementó a una tasa promedio de 216% en los últimos diez años, la cual se destinó mayormente a países latinoamericanos. Uno de los principales protagonistas en este mercado ha sido la Empresa de Alimentos de Nicaragua S.A. ALBA, quienes han estado trabajando en la exportación de frijol negro a Venezuela, aunque esta actividad se ha reducido sustancialmente en el último año.

### 4.3. TILAPIA

Si bien la producción pesquera de agua dulce representa tan solo el 1% de la producción pesquera a nivel nacional (INPESCA, 2017), el cultivo de peces en aguas continentales no deja de ser una opción atractiva. El consumo de pescado en Nicaragua incrementó en 65 % en los últimos 10 años (FAO, 2017) y a nivel mundial se proyecta un incremento en el consumo de carne de pescado del 20 % para el 2030. Entre las especies de mayor crecimiento en el mercado está la tilapia (*Oreochromis sp.*), que ha tenido buena aceptación debido a su facilidad en producción y buenos índices de conversión alimenticia. El 8% de la producción de peces de escama a nivel mundial corresponde a especies de tilapia, cuya producción incrementó en 65% de 2010 a 2016 (FAO, 2018). Este producto se posiciona como una alternativa para la complementación y diversificación de los sistemas productivos de GIRH con cosecha de agua, ya que los reservorios proporcionan un ambiente ideal para la cría de tilapias. Este mercado se posiciona como una oportunidad para la comercialización de tilapia. El consumo per cápita de carne de pescado en Nicaragua incrementó en 64% en los últimos 10 años de referencia (2004-2013). Asimismo, el porcentaje de tilapia del total de la producción de peces de agua dulce incrementó del 8% en



2007 al 25% en 2016; no obstante, también incrementaron las importaciones. En 2017 se importaron 27 toneladas de tilapia provenientes principalmente de Vietnam, China y Chile; esto significó un incremento del 350 % de la cantidad importada en relación al 2013, que podrían ser sustituidas por producción nacional, de existir precios competitivos.

Si bien el consumo es relativamente bajo, debido a las tendencias de alimentación más saludable, se espera un crecimiento en la demanda. En la región se proyecta un incremento del 33 % en el consumo y de un 24,2 % en la producción de pescado (FAO, 2018). Considerando la población actual y la demanda promedio de carne de pescado es de 3,59 kg/persona/año, y asumiendo que el 12 % de la población prefiere tilapia, la demanda aparente por carne de tilapia en Nicaragua es de 2.678 t/año. Paralelamente, el mercado de las exportaciones se posiciona como otra oportunidad.

Una de las principales limitantes del crecimiento del mercado es el consumo tradicional de otras especies, como el guapote y la mojarra. El 78 % de los nicaragüenses prefieren consumir guapote, 12 % tilapia y el resto otras especies como pargo y mojarra (Calderón, Toruño, & Páramo, 2016). En los últimos años el gobierno nicaragüense, a través del Instituto Nicaragüense de Pesca y Acuicultura (INPESCA), ha trabajado en el incentivo a la producción y consumo de tilapia. De igual forma, la tilapia está entre las especies priorizadas para el desarrollo de la piscicultura, delineada por la Estrategia de Desarrollo del Sector Pesquero y Acuícola en Nicaragua (2017-2021) (INPESCA, 2016).

La producción de tilapia también una oportunidad atractiva para la producción de granos. Se estima que un 17 % de la producción mundial de alimento para acuicultura es destinado a la producción de tilapia (FAO, 2018). La versatilidad de alimentación de la

especie da espacio a la innovación para la integración de distintas cadenas de valor. Los productos y subproductos de la producción de maíz, arroz, sorgo, soya y palma pueden ser utilizados en la elaboración de concentrados. También, los productores de agricultura familiar pueden usar los subproductos de la finca en la elaboración de alimento para el cultivo de tilapias.

#### 4.4. HORTALIZAS

Se entiende como hortalizas al conjunto de plantas cultivadas, generalmente en huerta, y que se consumen como alimento de forma cruda o cocida, que incluye verduras y legumbres verdes. El cultivo de hortalizas es de gran importancia para los productores de agricultura familiar del CSN. Según datos del CENAGRO, el 71 % de los productores siembra hortalizas. Entre las hortalizas más sembradas en el CSN están la yuca, pipián, ayote, tomate, chiltoma, cebolla, chayote, repollo y pepino<sup>14</sup> (INIDE, 2011). En Nicaragua, alrededor de 15.000 pequeños productores se dedican a la producción hortofrutícola y se estima que el sector de hortalizas genera el 3,3 % de los empleos a nivel nacional (Urbina, Rodríguez, et al., 2012).

La producción de hortalizas se caracteriza por su diversificación. Son pocos los productores que se dedican a cultivar una sola especie. Esto es una estrategia de diversificación del riesgo, ya que, al ser cultivos con altos costos de producción, los agricultores tienden a diversificar la producción sembrando pequeñas superficies de distintas especies. Un 90 % de los productores de hortalizas siembran menos de una hectárea de este grupo de cultivo y un 75 % de la superficie sembrada se orienta al autoconsumo y al mercado interno (Urbina, Rodríguez, et al., 2012).

El consumo per cápita de hortalizas en Nicaragua fue de 25,2 kg/persona-año, siendo la yuca el producto más consumido, seguido del tomate y la cebolla. El consumo per cápita

14. *Manihot esculenta*, *Cucurbita argyrosperma*, *Solanum lycopersicum*, *Capsicum annum*, *Allium cepa*, *Sechium edule*, *Brassica oleracea*, *Cucumis sativus*.

incrementó en 80% en los últimos diez años de referencia, donde el incremento en el nivel de ingresos de la población y las tendencias de alimentación más saludable fueron factores que influenciaron esta preferencia. La producción nacional abastece el 75% de la demanda nacional. El remanente, que es importado, representó en 2017 un valor de 14,8 millones de dólares, 25 % más que en 2013. Las hortalizas más importadas son cebolla, papa, lechuga y cole, siendo los principales países de origen China, Costa Rica, Estados Unidos, Guatemala, y Holanda.

Se estima que los supermercados venden alrededor de 15 millones de dólares cada año en frutas y verduras, pero solo el 10 % de las hortalizas en el país son vendidas a través de estos canales de comercialización (Pacheco, González, & Argüello, 2007). Los mercados locales son los principales protagonistas en este eslabón de la cadena de valor.

Ambos canales cuentan con un potencial de crecimiento, aunque con distintas demandas. Los mercados locales se concentran en la comercialización de hortalizas tradicionales con menores exigencias en calidad, mientras que los supermercados demandan alta diversificación, suministro constante de productos y alta calidad (Pacheco et al., 2007).

Las hortalizas cuentan con un gran potencial de crecimiento. Por un lado, están las hortalizas de consumo tradicional, como tomate, cebolla, chiltoma y repollo, todos alimentos priorizados dentro de la canasta básica. También está la demanda por hortalizas no tradicionales, cuya demanda ha incrementado en los últimos años con las nuevas tendencias de consumo de productos saludables. Finalmente, existe un potencial en otros nichos de mercado como el de productos enlatados y verduras congeladas, la comercialización de hortalizas orgánicas y las hortalizas listas para consumo.

## 5. Capítulo 5. Esquemas de financiamiento existentes

En los capítulos anteriores se puso en evidencia la necesidad de implementar estrategias que puedan incrementar la capacidad de los productores de hacer frente a los inminentes riesgos de la sequía. Ya sea a través de sistemas para aprovechar las fuentes de agua y precipitación o a través de prácticas y tecnologías para incrementar la retención de agua en el suelo, es necesario fortalecer y diversificar los sistemas productivos en el CSN, a fin de incrementar los rendimientos y mejorar la vida de los productores de agricultura familiar. Asimismo, el fortalecimiento institucional del INTA y la articulación de otras instituciones relevantes a la GIRH en el CSN, es un elemento esencial para la implementación de los puntos mencionados. La identificación

y acceso a fuentes de financiamiento que garanticen la ejecución de estas actividades es un factor necesario en el proceso. A continuación, se listan las ofertas y modelos de financiamiento disponibles a nivel nacional y que potencialmente podrían usarse para financiar los modelos de GIRH que se vayan a proponer más adelante.

### **i. Bono cosecha de agua**

Dentro del Proyecto “Adaptación de la Agricultura al Cambio Climático a través de la Cosecha de Agua en Nicaragua”, se propuso la posibilidad de otorgar un bono para el financiamiento de proyectos de cosecha de agua. El proyecto proponía el bono de

cosecha de agua como un mecanismo de pago intransferible, indivisible y no negociable, con la finalidad de financiar la construcción de obras de cosecha de agua en el CSN. El pago propuesto consistía en dos cupones: uno para la compra de herramientas y el otro para el revestimiento del reservorio, con el compromiso de construcción por parte del propietario de la finca como contrapartida del proyecto. Se proponía que el primer cupón se activara y se hiciera efectivo al inicio de la construcción, mientras que el segundo se desembolsaría una vez concluida la excavación para la elaboración de la impermeabilización de la obra.

El proyecto a través del bono proveía las herramientas para la construcción de la obra y el material para impermeabilizar, mientras que las familias contribuían con la mano de obra para la construcción de las obras de cosecha de agua. Las familias se comprometían a seguir paso a paso todo lo referido a la construcción de la obra, cumplimiento de plazos, calidad y también el mantenimiento constante de la obra. El bono propuesto tenía un valor de US\$ 1,000 por familia, tomando en cuenta que la obra sería construida directamente por las familias protagonistas (MEFCCA, 2016). La aplicabilidad de este bono no está actualmente vigente, no obstante, se posiciona como un mecanismo atractivo para la financiación de futuros proyectos de cosecha de agua.

## **ii. Bono productivo alimentario**

El bono productivo alimentario nace del Programa Productivo Alimentario. Este programa tiene el propósito de apoyar a familias campesinas para la capitalización y diversificación de sus parcelas, fomentando procesos productivos intensivos en trabajo y tecnología de reciclaje a pequeña escala. El Bono Productivo Alimentario se constituyó como instrumento para capitalizar la economía campesina y organizar la gestión y oferta de servicios nacionales. La estrategia del programa implica la formación de granjas campesinas diversificadas y manejadas bajo un sistema de reciclaje. El bono es complementado con un proceso de

capacitación para los protagonistas para la buena administración del recurso entregado. MAGFOR colabora con capacitación a los beneficiarios de este bono para que puedan administrar los productos entregados. El bono consiste en un pago en especie de animales, semillas, material vegetativo e insumos para la producción, por lo que se constituye como una buena oportunidad para diversificar la producción agropecuaria a nivel de finca.

## **iii. Bonos agroambientales canjeables del proyecto AGRIADAPTA**

El proyecto AGRIADAPTA comprende el establecimiento de un fondo para iniciativas en fincas que será entregado en forma de un bono agroambiental a los productores, promotores y familias protagonistas atendidas por los promotores en cada municipio. Se pretende que este monto sea complementado con el aporte de las familias protagonistas. Se espera que los promotores faciliten la preparación de una propuesta para su grupo de protagonistas, la cual incluye tecnologías que cada protagonista está interesado en introducir en su finca. El financiamiento funcionará a través del mecanismo de bonos agroambientales canjeables. Se propondrá que el bono sea emitido por una entidad financiera seleccionada para la administración del fondo de capitalización de las protagonistas. Cada bono se emitirá a nombre de la protagonista y endosado por el proveedor que ofertó y vendió los bienes. Serán presentados como cupones para que permita una negociación directa entre los protagonistas que reciben el bono y los proveedores privados locales. Para hacer efectivos los pagos, los proveedores deben estar registrados en el proyecto, proceso de carácter permanente y su lista será actualizada sistemáticamente y remitida al banco comercial seleccionado.

## **iv. Programa Usura Cero**

El objetivo del programa es el crecimiento económico familiar de las mujeres a través del otorgamiento del microcrédito con bajas tasas de interés, para el impulso de nuevos negocios o el fortalecimiento de los ya existentes. Fue

creado para beneficiar, a través de créditos prácticamente sin intereses, a mujeres de zonas urbanas que se planteaban abrir un negocio y mejorar la economía del hogar. El programa benefició a 180 mil mujeres con más de 500 mil créditos en 144 municipios, con préstamos prácticamente sin interés con el compromiso de reintegrar el dinero en un plazo determinado para ayudar a otras que también requieran de ayuda financiera. Para la obtención del crédito, las mujeres se organizan en grupos de 3 a 10 protagonistas, otorgando cierta cantidad de dinero por cada grupo.

#### **v. Programa Especial de Granos Básicos Cristiano, Socialista y Solidario (CRISSOL)**

El programa se enfocó en restituir los derechos de las familias productoras empobrecidas del país, facilitándoles recursos financieros para la compra de semillas de granos como frijol, maíz, arroz, sorgo tortillero. Esto en adición a herramientas de trabajo para garantizar las siembras de los cultivos. El mecanismo consta de la entrega de créditos a bajas tasas de interés y facilidades de pago, además de la provisión de asistencia técnica que busca mejorar la calidad y aumentar la producción de los cultivos de granos básicos. La población objetivo se enfocó en pequeños productores de granos básicos a nivel nacional.

## **6. Capítulo 6. Análisis de riesgos de la implementación de los sistemas de GIRH identificados**

En cuanto a la adopción de los sistemas propuestos, se identificaron varios riesgos. Ante el escenario en el que los sistemas no se implementen de manera adecuada y que estos no funcionen como se esperaba, existe el riesgo que la tecnología se desvirtúe y los productores pierdan confianza en la misma. Esto no solo se limita a nivel de los productores, pues otros grupos de actores como tomadores de decisiones, donantes y centros de investigación pueden perder el interés en la tecnología.

La situación coyuntural de una nación es un riesgo a considerar en la implementación de todo sistema. En época de estabilidad económica, política y social, los productores tienden a ser más optimistas a la hora de tomar de decisiones. La estabilidad de los mercados, sumada a un incremento en los niveles de vida, otorga confianza al momento de tomar de decisiones y se constituyen como un incentivo. Por otro lado, para las empresas, los bancos, agencias de cooperación y otros

donantes, es más atractivo y menos riesgoso invertir bajo un escenario de estabilidad general. Por el contrario, cuando la situación coyuntural es inestable, la adversidad al riesgo incrementa en todos los grupos de actores mencionados.

La continuidad de las acciones y del personal técnico es otro factor a considerar. La implementación de los sistemas propuestos conlleva un proceso de investigación, validación, transferencia, asistencia técnica y seguimiento. Este proceso toma tiempo, lo que implica el riesgo que durante el tiempo de implementación haya discontinuidad de las personas involucradas en la toma de decisiones e implementación de los proyectos. La discontinuidad, sobre todo cuando sucede de forma abrupta, requiere la inversión de más recursos en capacitación, actualización y monitoreo de las actividades que se llevan a cabo. Esto se suma al riesgo de falta de voluntad política para seguir implementando las acciones. No obstante, no se puede ignorar

que los procesos de renovación son necesarios y muchas veces ineludibles. Por tanto, es necesario diseñar estrategias de transición que aseguren la continuidad de los proyectos y la transferencia adecuada de conocimientos ante este tipo de escenario.

Ante la posibilidad de que no se conduzca investigación en los temas propuestos o no se implementen las actividades a tiempo, existe el riesgo de que otras organizaciones tomen el liderazgo en el tema. Esto incrementaría la vulnerabilidad a no recibir financiamiento, dificultades para acceder al conocimiento generado, posibles disyuntivas con otras organizaciones e incluso dificultad de llegar a los protagonistas con estrategias propuestas. Es necesario que las actividades se lleven a tiempo en el menor tiempo posible, con el objetivo de posicionarse como innovadores en el campo de la GIRH y liderar el proceso de transformación de los sistemas, teniendo en cuenta la importancia de colaborar con otros actores.

A pesar de que los sistemas propuestos buscan reducir la vulnerabilidad de los protagonistas al cambio climático, este no dejar de ser uno de los principales riesgos asociados a la implementación de los sistemas propuestos. Las variaciones en temperaturas y precipitación pueden afectar las decisiones de producción, dimensionamiento de los sistemas, desarrollo de variedades e incluso la continuidad de los mismos productores en el rubro. Existe una inminente necesidad de actualizar la información generada con estos cambios y de desarrollar y adoptar herramientas que anticipen las variaciones climáticas y su impacto.

La volatilidad de los precios e inestabilidad de los mercados puede presentar un riesgo para los modelos de diversificación planteados. Una serie de externalidades puede afectar el comportamiento de los mercados, por ejemplo, el incremento en las importaciones de los productos, cambios en las preferencias

de los consumidores, regulación de precios, restricciones en los mercados, etc. Por otro lado, el cambio en los costos de producción también presenta un riesgo para la rentabilidad de los modelos. Factores como incremento en los costos de combustible y otras materias primas, reducción en la oferta, barreras arancelarias y no arancelarias para la importación de insumos, subsidios y otras políticas; pueden afectar los costos de producción.

Con el objetivo de medir la sensibilidad de los modelos seleccionados a cambios en los precios y costos de producción, se realizó una matriz de riesgos que considera la variación de la utilidad de los modelos propuestos en función de cambios porcentuales en los costos de producción y los ingresos. Ninguno de los tres modelos priorizados para cada escala de productor dejó de ser rentable, ni en el peor escenario planteado donde se consideró una reducción un incremento en los costos de producción del 25 % y una reducción de la misma proporción en los ingresos por venta. Se repitió el mismo análisis considerando el costo de oportunidad de alquiler de la tierra de US\$ 429/ha<sup>15</sup> por ciclo, pero incluso bajo este escenario la utilidad no llegó a ser negativa para ningún modelo (Anexo 9).

Un factor de riesgo adicional está relacionado con la naturaleza misma de los proyectos de irrigación y transformación productiva de pequeña y mediana escala en los que participan pequeñas explotaciones familiares, pues en general tienden a ser complejos y difíciles de estructurar. Esto debido a que son muy específicos de cada lugar, operan en comunidades con una amplia variedad de perfiles sociales y productivos, requieren consideraciones de temas complejos como la sostenibilidad ambiental y necesitan de servicios y apoyo de infraestructura para producir, procesar y comercializar.

---

15. Costo de alquiler de una hectárea para la producción de tabaco en la primera región. Obtenido de entrevistas con productores en octubre de 2018.

## 7. Capítulo 7. Análisis FODA

El taller FODA tuvo como objetivo entender los principales retos y necesidades en cuanto a investigación e innovación relacionadas a la GIRH para incrementar la productividad agropecuaria de la agricultura familiar en el CSN, a fin de identificar estrategias futuras para afrontar la problemática. Asimismo, el taller sirvió para validar, de manera participativa, los sistemas de GIRH propuestos y orientar la investigación considerando puntos que no fueron identificados previa a la realización del taller. De acuerdo a los modelos de GIRH propuestos, el taller se dividió en dos secciones. Una primera sección hizo referencia a los sistemas de GIRH para familias protagonistas con acceso potencial al agua, con un enfoque especial en la cosecha de agua como sistema propuesto. Una segunda sección consistió en los sistemas propuestos para productores con potencial limitado, con un enfoque en el uso de variedades tolerantes a la sequía y la implementación de prácticas para incrementar la cantidad de materia orgánica en el suelo y mejorar la retención de agua. El Anexo 10 contiene una versión detallada de la metodología y los resultados del taller.

Tras identificar, priorizar y categorizar las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas para ambos sectores de la población, se establecieron estrategias para el fortalecimiento y mejora de la GIRH, derivadas de la relación entre los cuatro elementos del análisis FODA: i) Usar las fortalezas para hacer frente a las debilidades, ii) Desarrollar las fortalezas para aprovechar las oportunidades, iii) Explotar las fortalezas para disminuir las amenazas y iv) Aprovechar las oportunidades para minimizar las amenazas. Los resultados se presentan a continuación.

### 7.1. ESTRATEGIAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE GIRH APTOS PARA FAMILIAS PRODUCTORAS CON ACCESO A AGUA

Usar las fortalezas para hacer frente a las debilidades

- Coordinar entre las instituciones del Sistema Nacional de Producción, Consumo y Comercio (SNPCC) para la formación de personal capacitado en sistemas de cosecha de agua y riego, con el fin de reducir los errores en la construcción y diseño de los reservorios.
- Desarrollar investigación para actualizar las cartillas de necesidades hídricas de los cultivos, eficiencia en el uso del agua y diseño de reservorios y sistemas de riego.
- Uso de germoplasma adaptado a condiciones de sequía para incrementar la eficiencia en el uso del agua.
- Construcción de reservorios de mayor tamaño e impacto con organizaciones de productores bien consolidadas.
- Aprovechar la sinergia entre las instituciones del SNPCC para la obtención de financiamiento para los proyectos de cosecha de agua.

#### **Desarrollar las fortalezas para aprovechar las oportunidades**

- Generación de nuevas fuentes de empleo a través de la implementación de proyectos para cosecha de agua que permitan incrementar la productividad.

- Diversificación de la matriz productiva a través de la cosecha de agua.
- Incrementar la capacidad de adaptación al cambio climático a través de la cosecha de agua y el uso de germoplasma adaptado a las condiciones del CSN.
- Coordinar entre las instituciones del SNPCC para el desarrollo de programas de investigación y formación académica.

### **Explotar las fortalezas para disminuir las amenazas**

- Aprovechar la sinergia entre las instituciones del SNPCC para la obtención de financiamiento para los proyectos de cosecha de agua.
- Uso de germoplasma tolerante a estrés hídrico para reducir el uso de agua en la producción.
- Capacitación a nivel de organizaciones de productores en técnicas de conservación del recurso hídrico y de suelos.
- Planificación adecuada en el uso de suelos con apoyo de las instituciones del SNPCC.
- Organizar a los productores jóvenes para fortalecer sus capacidades.
- Redefinir los indicadores para medir impacto de las instituciones del SNPCC con el objetivo de enfocarse en el impacto a largo plazo y continuidad de las actividades de los proyectos.

### **Aprovechar las oportunidades para minimizar las amenazas**

- Desarrollar programas de investigación enfocados en la conservación y calidad del suelo y las fuentes de agua.
- Desarrollo de programas académicos para llamar la atención de los jóvenes para trabajar en la agricultura.

- Generación de nuevas fuentes de empleo para promover el relevo generacional.

## **72. ESTRATEGIAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE GIRH APTOS PARA FAMILIAS PRODUCTORAS CON ACCESO LIMITADO A AGUA**

### **Usar las fortalezas para hacer frente a las debilidades**

- Investigación en factores de adopción de BPAs, y uso de semilla de calidad y otros insumos para incrementar la productividad.
- Difundir las variedades tolerantes a la sequía con las que cuenta el INTA y trabajar en el desarrollo y validación de nuevas variedades.
- Sistematizar prácticas tradicionales de producción bajo condiciones de sequía y adaptarlas a las tecnologías existentes.
- Trabajar en la regularización de la tenencia de tierra en el CSN.
- Aprovechar la experiencia de los productores para la validación de nuevas tecnologías.

### **Desarrollar las fortalezas para aprovechar las oportunidades**

- Hacer investigación participativa con los productores e incluirlos en futuros programas de formación académica.
- Desarrollar investigación en tecnologías que puedan incrementar la retención de agua en el suelo.
- Explorar las cualidades fenotípicas de las variedades criollas y analizar cómo estas pueden utilizarse para el desarrollo de nuevas variedades.

### **Explotar las fortalezas para disminuir las amenazas**

- Generar investigación que demuestre la factibilidad de financiar programas que incentiven la implementación de tecnologías para productores con disponibilidad limitada de agua.
- Aprender de las experiencias de los productores para evitar factores que limiten la adopción de nuevas tecnologías.

### **Aprovechar las oportunidades para minimizar las amenazas**

- Desarrollo de programas de formación académica y de investigación que apunten a la solución de problemas que limitan la productividad agropecuaria en el CSN.
- Generar investigación que demuestre la factibilidad de financiar programas que incentiven la implementación de tecnologías para productores con disponibilidad limitada de agua.

## **8. Capítulo 8. Conclusiones**

La agricultura familiar en el CSN se caracteriza por su baja productividad, alta vulnerabilidad a externalidades, bajo nivel de diversificación y limitado acceso a mercados. Estos factores guardan una estrecha relación con la vulnerabilidad de este grupo de productores a los efectos de la sequía en la producción agropecuaria, cuya intensidad y frecuencia ha incrementado debido a los efectos del cambio climático. Estos factores se traducen en el incremento del riesgo de las familias protagonistas, que dependen mayormente de las actividades agropecuarias.

La práctica de agricultura de alto riesgo está a su vez ligada a la baja adopción de tecnologías y prácticas para incrementar la productividad y la poca diversificación de los sistemas productivos característicos del CSN, debido a que la implementación de estos puntos requiere, por lo general, incrementar el nivel de inversión por parte de los protagonistas.

En los últimos años, el INTA ha desarrollado actividades en investigación y transferencia de tecnologías para mejorar la productividad agropecuaria en el CSN. Dadas las características del CSN, gran parte del portafolio de investigaciones del INTA ha estado orientado a la GIRH, ya que la disponibilidad de agua

es el principal factor asociado al riesgo en la producción agropecuaria del CSN. En este sentido, la agenda de investigación del INTA está bien orientada.

También cabe destacar el sistema para la validación y transferencia de tecnologías a nivel nacional, compuesto por Estaciones Experimentales, Centros de Desarrollo Tecnológico y FIITs, las cuales abarcan diversos municipios a lo largo del CSN. Asimismo, el INTA cuenta con una consolidada red de colaboración con otras organizaciones a nivel nacional e internacional. A través del SNPCC y el SNIA, el INTA colabora con otras instancias gubernamentales para la ejecución de proyectos y el fortalecimiento de las investigaciones que el INTA lleva a cabo. De la misma manera, el INTA cuenta con una amplia experiencia de colaboración con centros internacionales de investigación y ONGs.

La adopción de tecnologías para mejorar la productividad y reducir la vulnerabilidad a la sequía es baja y hay deficiencias en la implementación de los sistemas. Muchos aspectos se pueden reforzar a través del fortalecimiento institucional, generación de investigación y establecimiento de alianzas con otros actores trabajando en la GIRH en el CSN.



Al caracterizar la población objetivo, los productores de agricultura familiar del CSN, se concluyó que hay una relación entre el acceso a riego y la adopción de tecnologías para mejorar la productividad, ya que, al reducir el riesgo a pérdidas por sequía, los agricultores tienden a invertir más en estas tecnologías. Es también importante destacar las marcadas diferencias entre los grupos de agricultura familiar, donde los productores de subsistencia se ven desfavorecidos por su baja capacidad de acceder a créditos, limitada capacidad productiva y reducida inversión en tecnologías.

Si bien existe cierto grado de diversificación productiva en el CSN, los modelos productivos están dominados por la producción de granos básicos y ganadería, enfocada principalmente en el autoconsumo y con un limitado enfoque en la producción de otros grupos de alimentos para la comercialización.

Tras conducir un análisis técnico-económico-financiero de sistemas para la GIRH y considerando las características de la población objetivo, se propusieron tres sistemas para la GIRH. El primer sistema es la cosecha de agua, tecnología apropiada para productores de agricultura familiar de transición y comercial, con topografía adecuada para la construcción de reservorios y oferta hídrica adecuada para llenar el reservorio. Si bien la tecnología se ha implementado exitosamente en Nicaragua, aún existen deficiencias en el proceso de selección de sitio y construcción de los reservorios, aspectos que se pueden mejorar con tecnología disponible.

Un segundo sistema propuesto es la implementación de prácticas culturales que incrementen la cantidad de materia orgánica del suelo y la subsecuente capacidad de retención de agua en el suelo. Este sistema se presenta como una alternativa para las fincas de agricultura familiar de subsistencia, donde el reducido tamaño de finca no justifica la inversión en cosecha de agua. No obstante, es un sistema que puede ser integrado a todo

nivel de escala productiva y que no requiere de una alta inversión para su realización. A su vez, este sistema debe integrarse al tercer sistema propuesto, que es el uso de variedades tolerantes a la sequía.

Ante la limitada diversificación de los modelos del CSN y como estrategia de reducción de riesgo, se proponen Planes de Diversificación Productiva; considerando la generación de ingresos a través de la producción de cultivos con alto valor de mercado y potencial de crecimiento a futuro. Los modelos combinan el cultivo de especies tradicionales con cultivos de alto valor y producción animal.

A través de un análisis de cadena de valor de los principales productos identificados en los modelos propuestos, se concluyó que existe un gran potencial para estos productos, siempre y cuando se fortalezcan las cadenas de valor a través del incremento de las capacidades de comercialización de los pequeños productores, desarrollo de infraestructura para la postcosecha y establecimiento de contratos y mecanismos de financiamiento adecuados para los productores de agricultura familiar.

Si bien los sistemas de GIRH y diversificación productiva que fueron planteados son factibles desde un punto de vista técnico, económico y financiero, es importante recalcar que el éxito para la implementación de dichos mecanismos depende de las capacidades técnicas y la disponibilidad de tecnología apropiada para la población objetivo.

El fortalecimiento de las capacidades del INTA para la generación de conocimiento y tecnología es un paso esencial previo al escalamiento de las tecnologías propuestas. A través del muy bien estructurado mecanismo de transferencia del INTA, este proceso representaría una fase inicial de escalamiento con el potencial de impactar positivamente en el corto plazo. A continuación, se presentan una serie de recomendaciones para guiar este proceso de fortalecimiento.

## 9. Capítulo 9. Recomendación para el fortalecimiento de la agenda de investigación del INTA en torno a la GIRH

Para el fortalecimiento de la agenda de investigación en torno a la GIRH se proponen tres líneas de acción fundamentales: i) llenar el vacío de información que existe sobre germoplasma tolerante a sequía, tecnologías relacionadas con uso eficiente del agua, cosecha de agua, utilización de agua para riego de cultivos y prácticas que mejoren la retención de humedad de los suelos de secano; ii) garantizar que las futuras iniciativas de cosecha de agua se desarrollen bajo estándares de calidad y apropiado funcionamiento; iii) que el INTA cuente con la suficiente información para elaborar iniciativas de investigación e innovación en temas de agua para agricultura familiar.

La propuesta involucra además diferentes modalidades de ejecución, entre ellas: convenios con centros de investigación técnica y universidades, programas de prácticas profesionales, proyectos de investigación, intercambios y estudios de tesis de grado-posgrado. Además, considera estudios técnicos y socioeconómicos relacionados con infraestructura de riego que permitan retroalimentar las decisiones de políticas de fomento, con énfasis en asegurar que la selección de estudios y sus resultados tengan una sólida apropiación en otras instituciones nacionales con injerencia en la GIRH; en particular, las instancias de gobierno de las que se quiere fortalecer su rol en el liderazgo y orientación estratégica del fomento de las prácticas de mayor impacto. Se sugiere que el plan de fortalecimiento de la agenda de investigación en la GIRH se desarrolle mediante tres niveles de investigación de complejidad diferente:

1. Estudios básicos sobre manejo sostenible del agua para la agricultura familiar a través de consultorías, prácticas profesionales y entrenamiento en servicio de estudiantes de posgrado y pregrado.

2. Estudios e investigaciones desde el punto de vista de la experimentación científica, pertinente a la gestión Integral del recurso hídrico. La investigación desarrollada a este nivel debe ser un proceso sistemático y controlado de constante exploración y descubrimiento, fundamentado en la aplicación del método científico, en procura de obtener información relevante y fidedigna.

3. Estudios e investigaciones desde el interés de las familias siguiendo los principios de la investigación participativa o no-experimental en las Fincas de Investigación e Innovación Tecnológica (FIIT).

La investigación participativa debe caracterizarse a nivel de zonas o comunidades, a través de las FIIT, en un contexto más o menos homogéneo. Las herramientas utilizadas en la investigación deberán ser participativas y aplicadas por las mismas familias protagonistas, aunque para su sistematización se requiere del apoyo de los equipos técnicos regionales del INTA que conozcan la metodología y que hayan sido involucrados en el proceso. La sistematización, difusión y evaluación de la investigación tienen una importancia destacada en el proceso. El trabajo de sistematización de las experiencias es muy necesario, de lo contrario, se dificultaría difundir los nuevos conocimientos adquiridos

e incluso corren el riesgo de perderse. Las técnicas de evaluación deberán practicarse de manera constante, tanto para constatar los avances obtenidos en las unidades productivas, como para examinar los progresos del trabajo grupal y los impactos sobre el medio ambiente.

La estrategia de la agenda propone además el establecimiento de parcelas demostrativas, organización de encuentros familias protagonistas y giras técnicas de campo con familias vecinas; como formas de capacitación y aprendizaje enfocados a productividad y sostenibilidad. Los resultados de las investigaciones deberán ser de uso público y estar disponibles en distintos medios de difusión (página web, redes sociales, televisión y radio), además de ser discutidos en eventos con el objetivo de compartir experiencias y recibir retroalimentación de otros grupos de actores (seminarios, conferencias y capacitaciones).

### 9.1. ACTORES DEL PROCESO

- **Tutores:** Líderes de equipo del INTA, CIAT, FLAR, Universidades Nacionales y otras instituciones que componen el SNIA.
- **Investigadores:** Especialistas del INTA, CIAT, FLAR, profesores y estudiantes de pre y posgrado de Universidades Nacionales.
- **Fincas FIIT:** Fincas dedicadas a la producción pecuaria familiar, en donde el INTA valida y transfiere semillas, tecnologías y prácticas enfocadas a hacer frente a los efectos negativos provocados por el cambio y la variabilidad climática. El INTA promueve en estas fincas innovaciones en los sistemas de producción y tecnologías de aprovechamiento de agua de lluvia complementadas por sistemas de riego que posibiliten la irrigación, desarrollo de cultivos de patio, abrevar ganado y usos para fines domésticos.

- **Fincas vecinas:** Familias rurales dedicadas a la agricultura y la ganadería que se benefician de la transferencia de conocimientos y tecnologías generadas en las FIIT, a través de un modelo donde son los mismos productores quienes enseñan a los vecinos sobre las prácticas que mejor funcionan en sus fincas piloto.

- **Otros actores:** Extensionistas del sector públicoagropecuario, alcaldías, organizaciones locales de desarrollo rural, organizaciones de productores, socios locales, proveedores de servicios, diseñadores, constructores y supervisores de las obras con incidencia en las zonas de investigación.

### 9.2. FORTALECIMIENTO DE CAPACIDADES DE INVESTIGACIÓN EN AGUA DEL INTA

La propuesta de la agenda contempla procesos de actualización técnica y formación científica en conjunto con los investigadores y tutores del INTA. El fortalecimiento de capacidades en manejo de Sistemas de Información Geográfica (SIG) es crucial para la planificación de actividades de investigación e innovación relacionadas con el recurso hídrico. Estos sistemas apoyados por mapas digitales de elevación y estudios topográficos detallados han demostrado ser de mucha utilidad al momento de seleccionar sitios potenciales para cosecha de agua. Se plantea iniciar con varios cursos teóricos-prácticos con personal del INTA sobre el manejo del software AGRI (Agua para Riego), desarrollado por el CIAT para planificación hidrológica. AGRI permite calcular rutas para la captura de agua, así como identificar sitios potenciales de fuentes de agua superficial para agricultura y sitios potenciales para cosecha de agua de lluvia en función de la ubicación de la parcela y de la topografía de la cuenca.

La preparación de propuestas y proyectos de investigación e innovación en el tema de

cosecha de agua es prioritaria dentro de la agenda, ya que la mayoría de los programas relacionados con agua implementados en el corredor seco incluyen esta promisorio tecnología dentro de su portafolio. La agenda propone la realización de cursos teórico-prácticos sobre caracterización y selección de sitios potenciales para reservorios, diseño y construcción de obras de cosecha de agua, costos de transformación de sistemas de secano a riego y tecnologías de riego para alta productividad. Se propone, además, desarrollar una guía metodológica para evaluación ex ante de la idoneidad ambiental de proyectos de cosecha de agua.

### 9.3. GESTIÓN DE CONOCIMIENTO Y TRANSFERENCIA DE INNOVACIONES

La estrategia para la implementación de la agenda considera los encuentros e intercambios de familia a familia y las giras de campo con las familias vecinas como formas de capacitación y aprendizajes centrados en los resultados obtenidos en las FIIT. Se realizarán intercambios de familia a familia utilizando metodologías participativas que permitan desplegar una amplia red de relaciones entre productores y las organizaciones, al crear espacios que permiten el intercambio directo de conocimientos y experiencias. Se propone trabajar el sistema de transferencia participativa de Productor-Productor o Campesino-Campesino, el cual es un sistema híbrido de disseminación que combina variables de éxito de otros sistemas de transferencia de tecnología usados en diferentes partes del mundo, tales como:

- Del sistema *Land Grant* de Estados Unidos se utiliza el concepto de “Especialista en transferencia”, cuyas funciones comprenden el direccionamiento técnico del personal técnico local, la organización de las actividades de extensión a nivel local y la retroalimentación

sobre las necesidades de investigación y extensión a escala regional.

- En el sistema *Village Leader*, ampliamente usado para disseminación en China, se involucra el concepto de Agricultor Líder, quien debe ser reconocido por las comunidades, progresivo y debe manejar tecnologías modernas de producción. El trabajo con líderes es el mecanismo más sencillo para introducir las tecnologías al establecer las parcelas demostrativas y facilitar la comunicación permanente con otros productores vecinos.

- Del sistema *Rice Check*, utilizado en Australia, se toma el concepto Grupos de Discusión, en donde un agente de extensión puede manejar varios grupos ligados a líderes en las diferentes localidades; logrando cubrir una extensa área con un pequeño número de extensionistas.

- Del sistema *Training and Visitations* (T&V) usado en Israel, África y Bangladesh; se tomaron en cuenta los aspectos de programación y disciplina en donde se establece un programa de visitas regulares y encuentros concertados con los grupos de productores para observar en los predios piloto, los avances de cultivo a través del tiempo y los efectos que las tecnologías han propiciado en los campos.

- Del sistema *Farmer Field School* de FAO, se tomó el componente de entrenamiento intensivo con los productores a nivel de finca.

## 10. Capítulo 10. Otras recomendaciones para la GIRH en el CSN

Tras caracterizar la agricultura familiar y sus sistemas productivos en el CSN, analizar la factibilidad técnica-económica y financiera del desarrollo e implementación de sistemas de GIRH para los modelos productivos identificados, mapear las ofertas de financiamiento disponibles, sistematizar las lecciones aprendidas a través del taller participativo con actores de la GIRH en el CSN, analizar las cadenas de valor de productos agropecuarios con potencial de crecimiento y la implementación de sistemas de GIRH en modelos diversificados de producción y los riesgos asociados a esta actividad, se proponen las siguientes re-comendaciones de mejoras a realizar en el ámbito tecnológico, organizacional e institucional para fortalecer la implementación de la GIRH y la diversificación y modernización productiva en el CSN.

**Selección de población objetivo:** Al momento de seleccionar la población objetivo para futuras intervenciones en GIRH en el CSN, se recomienda ir más allá del mapeo por municipios con vulnerabilidad a sequía. Este mapeo se hace en función de datos de clima, suelo y topografía, donde la precipitación anual es un factor determinante para el mapeo. Sin embargo, el problema no solo radica en la precipitación acumulada de una determinada zona, sino la distribución de la misma a lo largo del año y su comportamiento en el tiempo. Esto conlleva a que municipios con alta vulnerabilidad a sequía pueden estar siendo obviados por tener excesiva precipitación acumulada en unas pocas semanas, que se refleja en una mayor cantidad de precipitación en el año. Por lo tanto, se recomienda hacer un nuevo mapeo por municipio, considerando registros históricos de precipitación y su

distribución a lo largo del año.

Al analizar o planificar iniciativas para ampliar los impactos en el desarrollo rural, es importante no perder de vista a las poblaciones más pobres, marginadas y vulnerables. El equilibrio entre los impactos socioeconómicos, el número de beneficiarios y la eficacia en función de los costos se debe hacer explícito en la ampliación y la naturaleza de la población objetivo, pues puede ser más costoso y demorar más el poder llegar a los agricultores de subsistencia que a los agricultores en transición y comerciales.

Es necesario tener en cuenta los sistemas de GIRH para las distintas escalas de productor, así como la disponibilidad de recursos (agua, suelo, oferta climática) y las características productivas de cada región al momento de diseñar las intervenciones. Es también importante considerar los municipios que ya han sido atendidos por los proyectos de GIRH, direccionando las futuras acciones al fortalecimiento de acciones ya implementadas. Hay que tener en cuenta la capacidad de alcance del INTA a nivel geográfico, considerando la disponibilidad de personal, recursos y estructura de transferencia. Se recomienda seguir utilizando las FIITs como punto de referencia para la transferencia y disseminación de tecnología, así como el establecimiento de nuevas FIITs en zonas donde el alcance de INTA sea limitado.

**Cobertura y disponibilidad de datos meteorológicos:** Una limitación para implementar el punto anterior es la disponibilidad de datos. Los datos históricos de clima son un factor determinante al momento de tomar decisiones. En este sentido, es impor-

tante fortalecer las relaciones de cooperación con el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) y trabajar en incrementar la cobertura de estaciones meteorológicas en el territorio, integrar los registros meteorológicos que recolectan las distintas instituciones del CSN, facilitar la disponibilidad de datos para fines de investigación y generar sistemas de información para la toma de decisiones no solo a nivel de organizaciones, sino también de productores. La calidad de la investigación para la toma de decisiones mejora a mayor disponibilidad y cobertura de datos.

**Gestión del conocimiento:** La gestión del conocimiento es todo el conjunto de actividades realizadas con el fin de utilizar, compartir y desarrollar los conocimientos de una organización y de los individuos que en ella trabajan, encaminándolos a la mejor consecución de sus objetivos. Para fortalecer las capacidades de gestión de conocimiento del INTA se recomienda considerar los siguientes puntos:

**1. Creación de espacios de socialización de conocimientos y concertación:** Se recomienda organizar actividades de capacitación como cursos y entrenamientos ofrecidos tanto por el INTA, como por otras organizaciones trabajando en GIRH. Para la difusión de información y conocimiento, además de la promoción de establecimiento de nuevas redes, se recomienda la organización de seminarios y conferencias con temáticas relacionadas a la investigación, producción, comercialización y consumo de productos agropecuarios. De la misma forma, es importante la participación del personal del INTA en eventos de la misma índole, ya sea de carácter nacional o internacional.

**2. Comunicación para el desarrollo:** Orientada a divulgar información generada por el INTA a distintos niveles de usuario. Los canales de comunicación del INTA, como el sitio web y las redes sociales,

deben reorientarse en función de los usuarios a los que se desee llegar. Entre las actividades que se recomienda están la digitalización de información, visualización de datos, creación de bibliotecas digitales y asistencia en línea a través de redes sociales. Una orientación estratégica del INTA será producir material divulgativo como manuales, guías prácticas, videos, folletos, entre otros, dirigidos a técnicos y agricultores; que sean de fácil comprensión y didácticos. Se editarán boletines y revistas en formato digital, para divulgar información técnica de interés. Estos materiales estarán disponibles principalmente en la página web del INTA.

**3. Recolección de información:** El INTA cuenta con experiencia en investigación participativa con productores, pero la recolección y sistematización de información ha sido uno de los principales cuellos de botella. Es necesario crear sistemas que faciliten la recolección, digitalización y análisis de datos. Las TIC son una herramienta que puede complementarse con la comunicación técnico-productor para alcanzar este objetivo.

**Arreglos institucionales:** Es esencial comprender los factores del contexto institucional y el entorno más amplio en el que se produce la transferencia, ya que los factores contextuales externos, como las cuestiones de política inestable o las cuestiones culturales que son difíciles de cambiar, pueden limitar el alcance y la velocidad en la adopción de las nuevas tecnologías, especialmente teniendo en cuenta las limitaciones de recursos económicos. En el proceso de transferencia se sugieren algunos aspectos relevantes para el éxito en la estrategia, tales como: (1) interacciones simples de bajo costo a nivel local, pero transparentes; (2) sistemas que respondan visiblemente a los entornos locales y las demandas de los grupos locales; (3) asegurar que el aprendizaje se dé continuamente; (4) vinculación consciente de temas de interés local con un contexto más amplio; (5) disponibilidad de insumos o mer-

cados clave; y (6) entornos propicios para la innovación y capacidad para apoyar los esfuerzos a escala.

**Fortalecimiento de la estructura de transferencia:** Fortalecer el programa de transferencia de tecnología en las FIIT utilizando la metodología de Productor a Productor, en donde mediante el establecimiento de unidades demostrativas y el intercambio permanente entre líderes y vecinos, se validen y adopten las nuevas prácticas de manejo inteligente del agua para la agricultura familiar. También es necesario coordinar con otras instituciones del SNPCC, principalmente MAG, MEFCCA y MAGFOR, para la coordinación de actividades, distribución de técnicos y recursos en campo y transferencia de información. Esto con el fin de evitar la duplicación de esfuerzos, alcanzar un mayor número de productores y maximizar la eficiencia en el uso de recursos para la transferencia.

**Diversificación:** En cuanto a los productos de investigación en diversificación, se recomienda priorizar estudios enfocados en el desarrollo de germoplasma de calidad y en la demostración en FIIT's de nuevas prácticas de producción, almacenamiento, transporte, mercado, utilización y consumo de estos productos. Es necesario entablar el programa de fitomejoramiento con los Planes de Diversificación Productiva. En este sentido, se propone el desarrollo, validación y difusión de variedades de raíces y tubérculos, hortalizas y frutas, en adición al trabajo que ya se ha venido realizando en granos básicos y forrajes. El establecimiento de alianzas y fortalecimiento de las alianzas ya establecidas con los centros de investigación del CGIAR es un elemento a considerar para mejorar los proyectos de investigación en fitomejoramiento. Para 2020, los genomas de todos los productos principales investigados por el CGIAR habrán sido secuenciados, abriendo el potencial para mejorar los rendimientos, la resistencia al clima y la calidad nutricional, al tiempo que se reduce

el impacto ambiental. La investigación y el intercambio de germoplasma mejorado siempre ha sido la principal estrategia de las instituciones miembro del CGIAR, en donde a través de alianzas sólidas con los programas nacionales como el INTA, se explora el potencial productivo y nutricional de cultivos como frijol, maíz, yuca, arroz y forrajes tropicales.

**Riego:** El desarrollo de los PDP contempla investigación y desarrollo de planes de riego e infraestructura, así como la incorporación de nuevas técnicas de labranza y prácticas de conservación de suelo y agua. Estas pruebas piloto y ensayos de demostración de las FIIT pueden replicarse en las estaciones experimentales y centros de desarrollo tecnológico del INTA para generar evidencia científica de mayor rigor y en condiciones controladas. El INTA debe también liderar los procesos de preparación de los PDP, demostración y ensayos de campo; además de brindar servicios de apoyo como producción y abastecimiento de semillas. También se recomienda conformar una unidad de riego del INTA que coordine y dirija los procesos de investigación interinstitucional en torno a la gestión del recurso hídrico

**Cosecha de agua:** Establecer un plan de fortalecimiento de las capacidades de investigación y transferencia del personal técnico del INTA en tecnologías como la selección de sitios, diseño y construcción de reservorios para cosecha de agua; así como en modernos sistemas y prácticas de manejo de cultivos bajo riego. Es necesario explorar y determinar el potencial de transformación a riego de las diferentes regiones del CSN a través de análisis SIG. Un punto importante a considerar para el uso de herramientas SIG es la obtención de permisos especiales para el uso de drones con fines de investigación académica.

**Plataforma agroclimática:** Estructurar una plataforma agroclimática para el CSN, que mediante modelos predictivos permita a los productores visualizar fácilmente posibles

escenarios climáticos, tener sistemas de alerta temprana ante fenómenos climáticos extremos y estimar los requerimientos de agua de los cultivos para una determinada región en un periodo definido.

**Prácticas para incrementar la materia orgánica en el suelo:** Una de las principales conclusiones del presente estudio es la importancia de trabajar en el incremento de la materia orgánica en el suelo como estrategia para incrementar la capacidad de retención de humedad de los suelos. Para este fin, se recomienda incorporar una línea de investigación dentro del programa de manejo sostenible de los cultivos que esté dedicada a generar conocimiento en el tema. Se propone realizar investigación en la disponibilidad y calidad de fuentes de materia orgánica, rotación de cultivos, métodos de cero o mínima labranza, cultivos de cobertura y otras prácticas de agricultura de conservación. Esta línea de investigación puede complementarse con las actividades realizadas en el área de bioinsumos.

**Desarrollo de paquetes tecnológicos:** La idea es que el INTA desarrolle en el mediano plazo nuevos paquetes tecnológicos que aceleren la adopción de los planes de diversificación, complementados con redes de transferencia que permitan ganar experiencia en cuanto a entrenamiento y disseminación de los hallazgos de la investigación. Esto requiere un alto grado de coordinación interinstitucional para el intercambio de ideas de investigación que fortalezcan las capacidades técnicas de los equipos técnicos de las instituciones y que también mejoren las capacidades de innovación de los productores.

También es importante el rol del INTA en la generación, disseminación y acceso a información clave para promover la diversificación. Es necesario actualizar los calendarios de siembras, estimaciones de la demanda hídrica y hojas técnicas de los cultivos. El acceso a plataformas agroclimáticas y servicios de información meteorológica y de suelos

son otras herramientas con alto potencial para disseminar entre los productores al momento de tomar decisiones y al seleccionar las alternativas y tecnologías potenciales ajustadas a sus condiciones.

**Costos de producción:** Dentro de los múltiples factores que han limitado históricamente la promoción y adopción masiva de los planes de diversificación, resalta que muchos productores no tienen muy claros los beneficios y tienen dudas sobre los costos y rentabilidad de los modelos productivos. La generación de esta información es también necesaria para la toma de decisiones a nivel organizacional, la identificación de puntos para mejorar la rentabilidad de los cultivos, el análisis de iniciativas y la regulación de precios a nivel nacional. INTA debe considerar la investigación en costos de producción y mercados como un componente transversal en los programas de investigación.

**Información de mercados:** El acceso a información de mercados y reportes de precios son muy útiles para los agricultores. La creación de un sistema de precios en tiempo real, así como la socialización de estándares de calidad que faciliten los procesos de comercialización y venta, sería de mucha utilidad al momento de desarrollar planes de negocio, aplicar a fuentes de financiamiento y evaluar los cultivos potenciales a implementar en la matriz productiva de los protagonistas. Una alternativa para ayudar a los productores a encontrar potenciales compradores y a identificar mercados potenciales son plataformas digitales que mapeen la oferta y demanda de productos y vincule a los productores con compradores.

**Desarrollo de infraestructura pos-cosecha:** Los modelos de GIRH y los PDP propuestos contemplan el incremento en la productividad con miras al establecimiento de nuevos mercados. Si bien existe infraestructura desarrollada para algunos productos, como es el caso de los granos básicos, es necesario que se anticipe el desarrollo de infraestructura adicional, como infraestructura



para cadenas de frío, centros de acopio y caminos. Asimismo, se recomienda que el INTA genere investigación en el desarrollo de tecnologías poscosecha de bajo costo y accesibles para los productores de agricultura familiar.

**Alternativas de financiamiento:** Para los productores de agricultura familiar es muy difícil tener acceso a los productos financieros tradicionales, debido a la falta de colaterales y el alto riesgo que representa la producción. Un modelo ideal de financiamiento sería impulsar esquemas de agricultura por contrato en donde, mediante nexos con la empresa privada, los agricultores se enfoquen en producir lo que necesita el mercado. La implementación de estos modelos debe ser complementada con incentivos financieros de transporte y almacenamiento que permitan lograr el nivel de diversificación deseado por parte del agricultor. Otro modelo de crédito es impulsar que los proveedores de insumos y servicios otorguen ventas a crédito

con pago en especie o sobre garantía de contratos de producción.

**Otros productos de investigación:** Otros productos intermedios de investigación que pueden promover la adopción de los PDP incluyen: manuales de buenas prácticas agrícolas de frutas y hortalizas, protocolos para la obtención de licencias, nuevas técnicas para dar valor agregado a la producción, asesoramiento para la certificación en producción orgánica y plataformas agroclimáticas. Los técnicos de las distintas instituciones del Sistema Nacional de Producción Consumo y Comercio (SNPCC) pueden enseñar a los productores a elaborar planes de finca, presupuestos y calendarios de siembra de huertos para cosecha continua. Para esto, es necesario generar investigación en fechas de siembra, duración del ciclo del cultivo, demandas hídricas y manuales de producción de los distintos cultivos adecuados a las características del CSN.

## Referencias

APEN. (2018). Precios de ventas al por mayor de productos agrícolas en mercados de Nicaragua (en Córdoba). Recuperado de Asociación de Productores y Exportadores de Nicaragua website: <http://apen.org.ni/wp-content/uploads/2018/08/Copia-de-PRECIOS-20-DE-AGOSTO-2018.pdf>

Banco Mundial. (2017). Proyecto de Agricultura Resiliente al Clima en el Corredor Seco de Nicaragua: Misión de Identificación del Proyecto (Ayuda memoria Núm. P162982; p. 14). Managua.

BCN. (2017). Nicaragua en cifras. Recuperado de Banco Central de Nicaragua website: [https://www.bcn.gob.ni/publicaciones/periodicidad/anual/nicaragua\\_cifras/nicaragua\\_cifras.pdf](https://www.bcn.gob.ni/publicaciones/periodicidad/anual/nicaragua_cifras/nicaragua_cifras.pdf)

BCN. (2019). Índice de precios al consumidor: nacional, Managua y resto del país (año base 2006=100). Recuperado el 24 de febrero de 2019, de Banco Central de Nicaragua website: <https://www.bcn.gob.ni/estadisticas/precios/IPC/index.php>

Bendaña, G. (2012). Agua, agricultura y seguridad alimentaria en las zonas secas de Nicaragua (1a ed.). Managua.

Bouroncle, C., Imbach, P., Läderach, P., Rodríguez, B., Medellín, C., & Fung, E. (2014). La agricultura de Nicaragua y el cambio climático: ¿Dónde están las prioridades para la adaptación?

Calderón, A., Toruño, Y., & Páramo, J. (2016). Situación de la producción de peces de la región norte de Nicaragua en el II Semestre del 2015 (Seminario de graduación). Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua.

Calvo-Solano, O. D., Quesada-Hernández, L. E., Hidalgo, H., & Gotlieb, Y. (2018). Impactos de las sequías en el sector agropecuario del Corredor Seco Centroamericano. *Agronomía Mesoamericana*, 29(3), 695. <https://doi.org/10.15517/ma.v29i3.30828>

Corominas, J. (2010). Agua y energía en el reigo, en la época de la sostenibilidad. *Ingeniería del Agua*, 17(3), 219-233.

Eckstein, D., Hutfils, M.-L., Wings, M., & Germanwatch. (2018). Global Climate Risk Index 2019 Who Suffers Most From Extreme Weather Events? Weather-related Loss Events in 2017 and 1998 to 2017.

FAO. (2017). Base de Datos FAOSTAT. Recuperado de Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura website: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/EL>

FAO (Ed.). (2018). The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 - Meeting the sustainable development goals. Rome.

FIDA. (2016). Proyecto de Desarrollo Sostenible de las Familias Rurales en el Corredor Seco de Nicaragua - NICAVIDA (p. 329) [Informe de diseño]. Managua: Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola.

Flores, S., Delmello, G., Paz, T., & Barios, J. J. (2006). Lo que dicen los estudios de cadenas sobre productos agropecuarios en Nicaragua. Nitlapan: IFPRI.

GRUN. (2014). Programa de Adaptación de la Agricultura al Cambio Climático en Nicaragua (p. 82) [Dosier de documentos]. Managua: Ministerio de Economía Familiar, Comunitaria.

GRUN. (2016). Innovación y Difusión de Tecnologías de Adaptación de la Agricultura al Cambio Climático en el Corredor Seco de Nicaragua (p. 106) [Documento de Proyecto]. Managua.

Huntington, T. G. (2007). Available water capacity and soils organic matte (Segunda).

IDR. (2012). Diagnóstico de la Agroindustria rural en Nicaragua (Núm. TCP/Facility-TCP/NIC/3303; p. 251). Managua: Instituto de Desarrollo Rural de Nicaragua.

IICA. (2013). Estudio de las cadenas de valor de maíz blanco y frijol en Centroamérica (p. 115). San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

INE. (2019). Pliego tarifario aplicado e indicativo - Febrero 2019. Recuperado de Instituto Nicaragüense de Energía website: <https://www.ine.gob.ni/index.php/electricidad/pliegos-tarifarios-disnorte-dissur/pliego-tarifario-aplicado-e-indicativo-febrero-2019/>

INETER. (2005). Atlas Climático de Nicaragua. Recuperado el 31 de enero de 2019, de Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, Dirección General de Metereología website: <https://webserver2.ineter.gob.ni/mapas/Nicaragua/clima/atlas/index.html>

INIDE. (2011). Cuarto Censo Nacional Agropecuario (CENAGRO) [Censo]. Managua: Instituto Nacional de Información de Desarrollo.

INIDE. (2014). Encuesta de Medición de Medios de Vida EMNV - 2014 (p. 56). Recuperado de Instituto Nacional de Información de Desarrollo website: [file:///C:/Users/surioste/Downloads/NIC\\_2014\\_ENMV\\_Report%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/surioste/Downloads/NIC_2014_ENMV_Report%20(3).pdf)

INIDE. (2017). Anuario Estadístico 2016 (p. 415). Recuperado de Instituto Nacional de Información de Desarrollo website: <http://www.inide.gob.ni/Anuarios/Anuario%20Estadistico%202016.pdf>

INPESCA. (2016). Estrategia de Desarrollo del Sector Pesquero y Acuícola en Nicaragua (2017-2021). Recuperado de Instituto Nicaraguense de Pesca y Acuicultura website: <http://inpesca.gob.ni/images/2019/ESTRATEGIA%20DE%20LA%20PESCA%20Y%20ACUICULTURA%202017-2021%20INPESCA.pdf>

INPESCA. (2017). Anuarios Pesquero 2016. Recuperado el 25 de marzo de 2019, de Instituto Nicaraguense de Pesca y Acuicultura website: <http://inpesca.gob.ni/images/2019/semana%20del%2018%20al%2024%20de%20marzo.pdf>

INTA. (2015). Encuesta Línea Base FIIT. Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria: Dirección de Investigación e Innovación Tecnológica Agropecuaria.

INTA. (2017). Agenda Nacional de Investigación e Innovación Agropecuaria (2018 - 2021). Managua: Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria: Dirección de Investigación e Innovación Tecnológica Agropecuaria.

INTA. (2018, septiembre 25). Entrevista introductoria: Proyecto “Estrategia de Diversificación y Aumento de la Productividad Agropecuaria en el Corredor Seco de Nicaragua con base en la Gestión Integral del Recurso Hídrico”.

INTA. (2019). Manuales y catálogos INTA [Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria]. Recuperado el 24 de febrero de 2019, de Biblioteca Virtual website: [http://www.inta.gob.ni/biblioteca/index.php/component/booklibrary/101/all\\_categories](http://www.inta.gob.ni/biblioteca/index.php/component/booklibrary/101/all_categories)

ITC. (2017). Lista de los mercados importadores para un producto exportado por Nicaragua. Recuperado de TRADE MAP website: <https://www.trademap.org/>

KIT y CFC. (2011). From sorghum to shrimp : A journey through commodity projects. Recuperado de <http://bibalex.org/baifa/en/resources/document/381203>

MAG. (2013). Costos de producción 2012-2013. San Salvador: Ministerio de Agricultura y Ganadería: Dirección General de Economía Agropecuaria.

MEFCCA. (2016). Propuesta de bono para cosecha de agua. Managua.

MITRAB. (2018). Tabla Salarial Septiembre 2018 - Febrero 2019. Managua: Ministerio del Trabajo de Nicaragua.

Pacheco, R., González, S., & Argüello, V. H. (2007). Análisis de las cadenas de valor en Nicaragua. Managua: DFID y COSUDE.

Prinz, D., & Singh, A. (2006). Technological Potential for Improvements in Water Harvesting (Núm. Review IV). World commission of Damns.

Rodríguez, T., Torres, R. M., Gómez, L., Bayres, K., & Velásquez, D. (2013). Agricultura Familiar en Nicaragua. Santiago de Chile: Grupo de Trabajo: Desarrollo con Cohesión Territorial. Programa Cohesión Territorial para el Desarrollo Rimisp.

Ruiz, G. A. R., & Umanzor, J. F. (2012). Plan de negocio para la producción y comercialización de tilapia roja (*Oreochromis Mossambicus* X spp) en Managua, Nicaragua. Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano, Valle del Yeguaré.

Salcedo, S., de la O, A. P., & Guzmán, L. (2014). Concepto y relevancia de la Agricultura Familiar. En Agricultura Familiar en América Latina y el Caribe: Recomendaciones de Política (pp. 17-32). Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/019/i3788s/i3788s.pdf>

Saxton, K. F., & Rawls, W. J. (2006). Soil water characteristics estimates by texture and organic matter for hydrologic solutions. *Soil Sci. Soc. Of America J*, 70, 1569-1578.

SIMAS. (2008). Sistema Productivo de Pesca y Acuicultura (p. 59). Recuperado de Servicio de Información Mesoamericano sobre Agricultura Sostenible website: [http://simas.org.ni/media/Sistema\\_Productivo\\_Pesca\\_Acuicultura.pdf](http://simas.org.ni/media/Sistema_Productivo_Pesca_Acuicultura.pdf)

SNIP. (2018). Instructivo para el proceso de gestión de aval técnico para las iniciativas de inversión pública. Recuperado el 24 de febrero de 2019, de Sistema Nacional de Inversiones Públicas website: <http://www.snip.gob.ni/Normativa/Preinversion>

Solorzano, J. (2014). Agricultura Familiar en Nicaragua. Extensión, actividades y recursos disponibles de las explotaciones agropecuarias en 2001 y 2011. *ConCiencia*, 4, 43-63.

Urbina, E., Alemán, M., Martínez, S., & Jarquín, K. (2012). Análisis de la Cadena de Valor de frijol rojo y negro en Nicaragua con enfoque de Seguridad Alimentaria y Nutricional (p. 96). Managua: FAO - USAID.

Urbina, E., Rodríguez, S., Buitrago, J. M., Amador, S., García, C., & Figueroa, W. (2012). Análisis de la Cadena de Valor de Hortalizas con énfasis en Seguridad Alimentaria y Nutricional (p. 138). Managua: USAID.

van der Zee, A., van der Zee, J., Meyrat, A., Poveda, C., & Picado, L. (2012). Estudio de caracterización del Corredor Seco Centroamericano (Países CA-4) (p. 90). Tegucigalpa: FAO.

Vaqué, J. (2017). Cronología del Corredor Seco: El acelerador de la resiliencia en Centroamérica. Recuperado de Agronoticias: Actualidad agropecuaria de América Latina y el Caribe - FAO website: <http://www.fao.org/in-action/agronoticias/detail/es/c/1024540/>

WFP. (2017). Why people flee and the impact on family members left behind in El Salvador, Guatemala and Honduras. Recuperado de WFP, IDB, IFAD, IOM, OEA website: [https://docs.wfp.org/api/documents/WFP-0000022124/download/?\\_ga=2.85460124.46423775.1540402016-1767178983.1540402016](https://docs.wfp.org/api/documents/WFP-0000022124/download/?_ga=2.85460124.46423775.1540402016-1767178983.1540402016)

Zegarra, E., & Chirinos, O. (2016). Diagnóstico sobre la situación y potencial del sector riego en Nicaragua. Banco Interamericano de Desarrollo - Grupo de Análisis para el Desarrollo (GRADE).

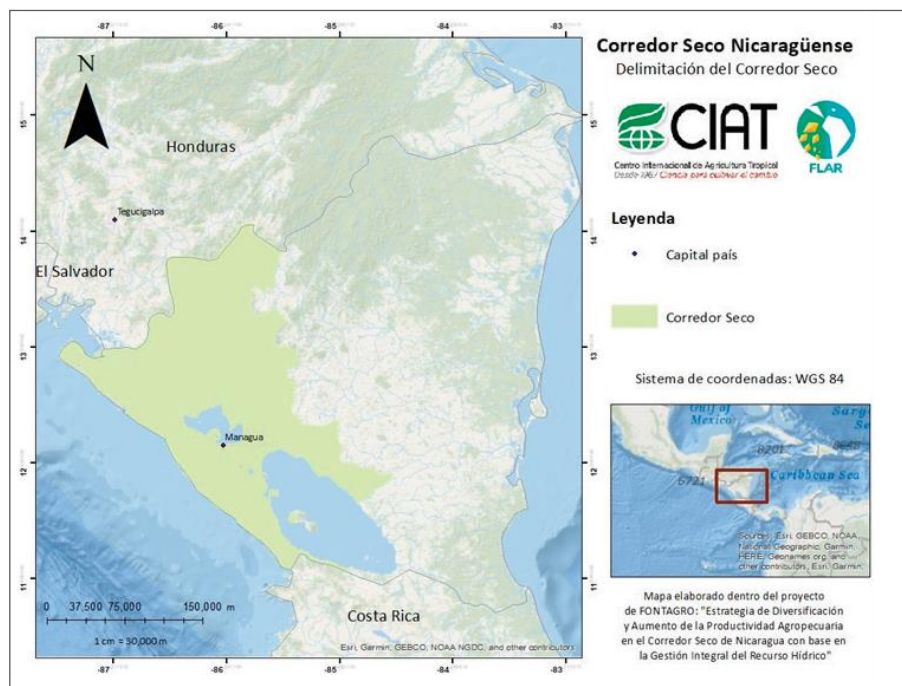
# ANEXOS

## ANEXO1. CARACTERIZACIÓN DEL CORREDOR SECO NICARAGÜENSE

El CSN cubre el 21 % de la superficie nacional, abarcando 108 municipios en 14 departamentos<sup>16</sup> (Figura 3). A lo largo del CSN, las precipitaciones medias anuales están por debajo de los 2.000 mm/año, con tasas de evaporación potencial que superan los 200 mm/mes en las zonas más vulnerables; provocando periodos de sequía a lo largo del año (INETER, 2005). La sequía en CSC no es exclusivamente meteorológica, sino

también agrícola; ya que las características edafoclimáticas no proveen el agua suficiente para satisfacer la demanda hídrica de los cultivos, afectando la producción. No obstante, la prolongación de la sequía no es lo suficientemente severa para llegar a categorizarse como sequía hidrológica severa, por lo que la disponibilidad de agua en fuentes superficiales y sobre todo subterráneas no es infrecuente, a pesar de que en las zonas más vulnerables de la región se ha llegado a experimentar sequía hidrológica temporal (van der Zee et al., 2012).

Figura 3. Mapa del Corredor Seco de Nicaragua



Fuente: Elaboración propia con datos de van der Zee et al. (2012).

16. Esta delimitación incluye 60 municipios con vulnerabilidad alta y severa a la sequía en el CSN, además de 48 municipios circundantes con vulnerabilidad baja.

La producción agropecuaria ocupa el 49,4 % de la tierra en el corredor seco nicaragüense, siendo las pasturas el uso predominante (20 %), seguido de los cultivos anuales (14.7 %), las áreas agrícolas heterogéneas (14.4 %) y los cultivos permanentes (9.3 %). En función de la pendiente, los valles y las planicies, las tierras con potencial agropecuario sin restricciones, representan el 63 % del corredor seco, equivalente a 2,1 millones de hectáreas. Los terrenos con pendientes moderadas de 12 - 20 %, abarcan el 7.4 % y son aptos para la producción agropecuaria, pero con la necesidad de implementar prácticas de conservación de suelo y agua. Finalmente, las laderas escarpadas con pendientes por encima del 20 % se limitan al pastoreo extensivo y la producción de cultivos arbóreos y forestales (van der Zee et al., 2012). Por otro lado, la cobertura boscosa en el CSN ha sido drásticamente alterada. Se calcula que existe menos del 1 % de la vegetación nativa, sustituida principalmente para el establecimiento de pastizales poco productivos y la producción de cultivos de subsistencia (van der Zee et al., 2012). La baja cobertura boscosa afecta la recarga de acuíferos e incrementa el riesgo de pérdida de suelo en eventos de excesiva precipitación.

En cuanto a suelos, en la zona de la depresión nicaragüense y los remanentes del Escudo Alto Chortí predominan los suelos poco desarrollados del orden de los cambisoles. Los nitosoles y andosoles, caracterizados por tener una alta retención de agua y capacidad intercambio catiónico, predominan a lo largo del frente volcánico, y los luvisoles a lo largo del Pacífico Sur y Las Segovias (van der Zee et al., 2012). Las zonas más secas en la región central tienden a caracterizarse por tener suelos superficiales, pedregosos, permeables, de moderada a poca profundidad, y con pendientes onduladas o ligeramente escarpadas (Bendaña, 2012).

La caracterización del corredor seco realizada por van der Zee et al. (2012), categoriza las regiones en función de los efectos de la sequía (Figura 1). En la zona de efecto severo, que representa el 12 % del territorio, la precipitación pluvial promedio no excede los 1.200 mm/año, la evaporación potencial tiene un promedio mayor a 200 mm/mes y existen más de 6 meses secos. El 38 % del corredor seco se encuentra en la zona

de efecto alto, donde la precipitación promedio está en el rango de los 1.200 - 1.600 mm/año, la evapotranspiración promedio es de alrededor de 130 mm/mes y de 4 a 6 meses secos en el año. Finalmente, la zona de efecto bajo tiene una precipitación promedio de 1.600 a 2.000 mm/año, una evapotranspiración menor a los 100 mm/mes y de 4 a 6 meses secos en el año; esta última constituye el 52 % del territorio. Si bien esta categorización no fue elaborada a nivel de municipio, en función del área predominante en cada municipio se pudo determinar que, de los 108 municipios seleccionados para el Corredor Seco, 27 corresponden a la zona de efecto severo, 33 a la de efecto alto y 48 a la de efecto bajo.

## **ANEXO 2. AGENDA DE INVESTIGACIÓN DEL INTA Y PROYECTOS RELACIONADOS A LA GIRH**

El INTA tiene como mandato promover, investigar, generar, validar y transferir tecnologías agropecuarias en correspondencia con las necesidades del sector agropecuario de Nicaragua, mediante el fortalecimiento productivo de los agricultores. Dentro de sus competencias y capacidades sobresalen la producción de semilla genética, básica y registrada; la gestión y desarrollo de proyectos de investigación e innovación de sistemas agroforestales y el establecimiento de ensayos de variedades de diversos cultivos. Además, trabaja en la promoción y ejecución de proyectos de innovación tecnológica, así como en el desarrollo de prácticas de adaptación para incrementar la productividad, principalmente de pequeños y medianos productores de Nicaragua.

Para desarrollar y validar los resultados de investigación, el INTA cuenta en la actualidad con centros de investigación (CI), centros de desarrollo tecnológico (CDT) y estaciones experimentales (EE). Además, realiza un arduo trabajo de investigación participativa en campo liderada por un equipo de técnicos que trabajan en más de 600 Fincas de Investigación e Innovación Tecnológica (FIIT), que a su vez hacen parte de los Núcleos de Investigación e Innovación Tecnológica (NIIT).

Las principales fortalezas del INTA son sus

recursos humanos calificados; su experiencia en investigación, validación y transferencia de tecnologías, buena distribución de centros de desarrollo tecnológico y estaciones experimentales en las diferentes regiones agroecológicas del país; un catálogo de tecnologías validadas y difundidas a nivel nacional; personal calificado en diferentes temáticas relevantes para los procesos de adaptación al cambio climático e incremento de la productividad sostenible; presencia nacional de las FIIT para la validación y transferencia de tecnología; una fortalecida red de productores innovadores con dinamismo propio; reconocimiento en el territorio nacional; y la coordinación con otras organizaciones del Sistema Nacional de Investigación e Innovación Tecnológica (SNIA).

El INTA cuenta dentro de su agenda de investigación con tres temas relevantes y estrechamente relacionados con la GIRH. En el primer tema, mejoramiento genético, el INTA y los centros internacionales han trabajado por muchos años en investigación conjunta de variedades de maíz, frijoles, arroz y forrajes. La propuesta incluye investigaciones y validaciones del nuevo germoplasma con tolerancia a sequía desarrollado por CIAT, tanto en las estaciones experimentales como en las FIIT.

El segundo tema se refiere al manejo sostenible del agua, tanto INTA, como CIAT-FLAR, han trabajado por más de diez años en cosecha de agua en varias regiones del corredor seco de Nicaragua, lo que ofrece una oportunidad para investigar sobre algunos vacíos de investigación de esta tecnología ampliamente escalada en Nicaragua. Otro tema prioritario en la agenda de agua del INTA es la investigación y validación de prácticas que aumenten la retención de humedad de los suelos, en donde tecnologías de manejo de materia orgánica pueden brindar una solución para el manejo del agua en áreas sin acceso ni disponibilidad de fuentes de agua. El tercer tema hace referencia al manejo sostenible de cultivos, el INTA cuenta con un catálogo de prácticas y tecnologías que contribuyen a aumentar los rendimientos en armonía con el medio ambiente. El fortalecimiento de las capacidades de investigación en tecnologías como cultivos de cobertura, rotación y labranza

ceros, ofrecen una gran oportunidad para mejorar la GIRH de la agricultura familiar del corredor seco de Nicaragua

### **Área de intervención de proyectos actuales**

Actualmente, el INTA participa en la implementación de tres proyectos relacionados a la GIRH, en adición a uno concluido recientemente. En 2017, especialistas sectoriales del Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional (GRUN), en colaboración con un equipo técnico del Banco Mundial, trabajaron en la formulación del “Marco Estratégico para el Corredor Seco” (MECS) para guiar la formulación de programas y proyectos para el desarrollo agropecuario adaptado a la variabilidad climática. A raíz de comenzar con la implementación de los lineamientos y acciones estratégicas del MECS, se conceptualizó el “Proyecto de Agricultura Resiliente al Clima en el Corredor Seco de Nicaragua”, enfocado al financiamiento de inversiones en sistemas silvopastoriles y agroforestales, inversión en obras de manejo de agua y riego, promoción de innovaciones tecnológicas para mejorar la productividad y la adaptación a la variabilidad climática, e inversiones y apoyo técnico para mejorar la agregación de valor y comercialización de la producción (Banco Mundial, 2017). Para el proyecto se seleccionaron 37 municipios del CSN.

El “Proyecto de Desarrollo Sostenible de las Familias Rurales en el Corredor Seco de Nicaragua” (NICAVIDA) es el segundo proyecto que actualmente se está implementando y del cual es partícipe el INTA. El proyecto comenzó a ejecutarse en febrero de 2017 y es financiado por el Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA) por un periodo de 6 años. Tiene como objetivo financiar inversiones familiares, territoriales y negocios competitivos en una población objetivo de aproximadamente 30.000 familias en 37 municipios, con un enfoque en mujeres, jóvenes y pueblos indígenas (FIDA, 2016).

El “Proyecto Innovación y Difusión de Tecnologías de Adaptación de la Agricultura al Cambio Climático” (AGRIADAPTA), es el tercer proyecto relacionado a la GIRH que está siendo implementado. El proyecto comenzó en 2016 y

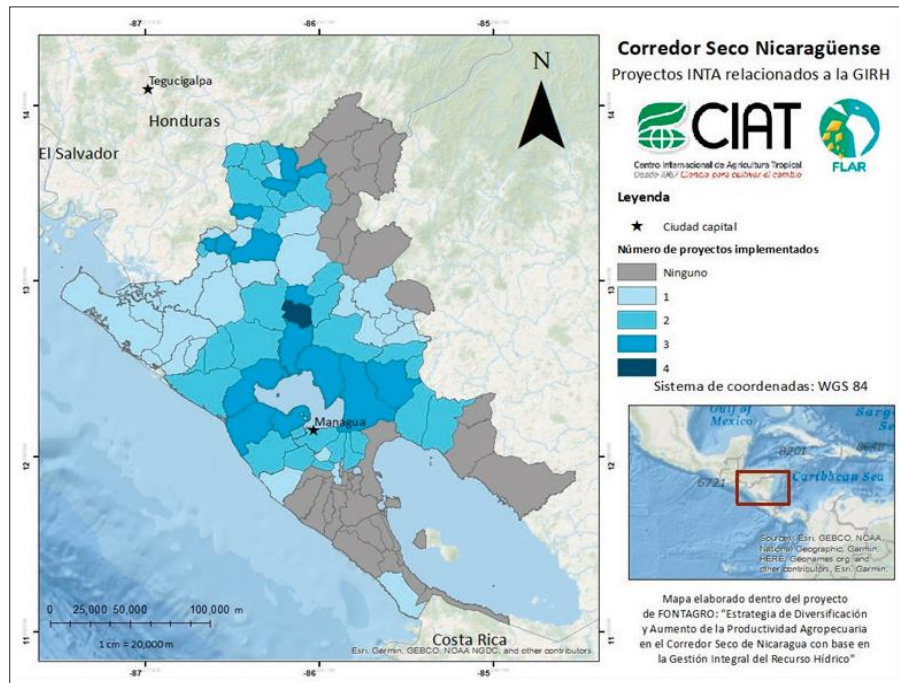
tiene una duración de cinco años, financiado por el GRUN y la Agencia Suiza para el Desarrollo y Cooperación (COSUDE) y ejecutado por INTA y el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales (MARENA). El objetivo es aumentar la adaptación al cambio climático de pequeños y medianos productores mediante la difusión, aplicación y adopción de tecnologías y prácticas agroecológicas en 19 municipios del CSN. Los componentes del proyecto incluyen el desarrollo de capacidades del INTA, la gestión comunitaria para la adaptación al cambio climático y la validación y transferencia de tecnologías (GRUN, 2016).

Entre los proyectos concluidos está el Proyecto de “Adaptación de la Agricultura al Cambio Climático a Través de la Cosecha de Agua en Nicaragua”, el cual tuvo como objetivo contribuir a aumentar la resiliencia de los efectos del cambio climático de familias productoras con problemas de acceso al agua en 38 municipios del CSN. Los componentes del proyecto se enfocaron en el diseño y construcción de obras de cosecha de agua, el diseño de planes de finca para el uso y aprovechamiento del agua, y el

fortalecimiento de capacidades de instituciones para la sistematización, investigación y gestión del conocimiento en tecnologías de cosecha de agua. El proyecto tuvo una duración de 4 años, terminando en 2017, y fue financiado por COSUDE e implementado por el Ministerio de Economía Familiar, Comunitaria, Cooperativa y Asociativa (MEFCCA), con apoyo de INTA y la asistencia técnica del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) (GRUN, 2014).

Entre los cuatro proyectos se atendieron un total de 69 municipios del CSN, equivalentes al 64% de los municipios delimitados para el corredor y de los cuales 24 municipios fueron beneficiados por un proyecto, 29 por dos, 15 por tres y solo uno por cuatro (Figura 4). Para los criterios de selección de población objetivo del presente estudio, INTA sugirió considerar los municipios atendidos por estos cuatro proyectos y la priorización de municipios más vulnerables a los efectos de la sequía (Figura 1), con el objetivo de fortalecer las iniciativas que se están llevando a cabo (INTA, 2018).

**Figura 4.** Mapa de municipios del CSN atendidos por los proyectos relacionados a la GIRH ejecutados por el INTA.



Fuente: Elaboración propio con datos de INTA (2018)



## ANEXO 3. ASPECTOS METODOLÓGICOS

### 1. Delimitación de la población objetivo

Para delimitar la población objetivo se consideraron dos aspectos. El primer aspecto se utilizó para delimitar todas las EAs de agricultura familiar. La FAO define agricultura familiar como “una forma de organizar la agricultura, ganadería, silvicultura, pesca, acuicultura y pastoreo, que es administrada y operada por una familia y, sobre todo, que depende preponderantemente del trabajo familiar, tanto de mujeres como hombres. La familia y la granja están vinculados, co-evolucionan y combinan funciones económicas, ambientales, sociales y culturales” (Salcedo et al., 2014). Si bien algunos países de la región han trabajado en su propia conceptualización de agricultura familiar, Nicaragua no cuenta con una conceptualización específica de agricultura familiar aún, no obstante, algunos autores han adaptado el concepto en función de las variables recolectadas en el CENAGRO. Rodríguez et al. (2013) delimita la agricultura familiar a todas las EAs que no contratan mano de obra permanente, mientras que Solorzano (2014) añade a este criterio que la forma de trabajo en la explotación agropecuaria sea individual o colectivo familiar. Esta última delimitación fue la utilizada en el estudio.

Un segundo aspecto hace referencia a la delimitación del CSN propuesta por (van der Zee et al., 2012). Si bien esta categorización no fue elaborada a nivel de municipio, para fines del estudio se decidió extrapolar la delimitación a nivel municipal, considerando dentro del área de estudio los municipios con al menos un 50% de su territorio dentro del CSN; delimitando de esta manera 108 municipios (Figura 3). Dada esta caracterización, el 86.3% de las EAs a nivel nacional están dentro de la categoría de agricultura familiar. Según datos del CENAGRO (INIDE, 2011), en Nicaragua existen 262,546 EAs, de las cuales el 63% se concentran en los 108 municipios delimitados para el corredor seco. El 87% de las EAs del

CSN son categorizadas como agricultura familiar, que en total representan el 55% de las EAs del país. Esta población, equivalente a 145,482 EAs, se delimitó como la población objetivo del presente estudio.

### 2. Análisis económico-financiero de los sistemas de GIRH propuestos

#### i. Modelos de finca

Para cumplir con el objetivo de conducir un análisis económico-financiero del desarrollo e implementación de una unidad con GIRH a nivel de distintas escalas de productor, se consideraron las distintas escalas productivas de agricultura familiar identificadas en el primer capítulo del estudio. Para cada escala productiva se construyó un modelo de finca en función de los modelos productivos más recurrentes y los valores promedio de superficie de finca y uso del suelo para cada escala productiva según el CENAGRO (Tabla 7).

Para el análisis se consideraron dos escenarios, uno con un sistema tradicional de producción sin acceso a riego o tecnologías/prácticas para mejorar la retención de agua en el suelo y otro con un sistema de GIRH. Considerando el análisis técnico desarrollado en el capítulo 2.1, para los modelos de finca de agricultura familiar de transición y comercial se consideró la implementación de un sistema de cosecha de agua de lluvia acoplado a un sistema de irrigación para riego suplementario en época lluviosa y completo en época seca. Debido a la limitada disponibilidad de suelo para usos no productivos del modelo de finca de subsistencia (0.11 ha) y un bajo índice de eficiencia para la construcción de reservorios de pequeña escala, se definió implementar un sistema de GIRH basado en las recomendaciones técnicas especificadas en el capítulo 2.1.1. Para ambos casos se consideró la implementación de BPAs e insumos para mejorar la productividad (Tabla 8).

**Tabla 7.** Superficies promedio de uso del suelo por tipo de agricultura familiar (hectáreas).

Uso de la tierra	Categoría de agricultura familiar		
	Subsistencia	Transición	Comercial
Cultivos anuales (granos y hortalizas)	0,29	1,89	7,98
Cultivos semipermanentes	0,13	0,70	3,92
Pastos	0,05	2,63	38,99
Otros usos	0,11	1,58	13,26
<b>Superficie total</b>	<b>0,57</b>	<b>6,80</b>	<b>64,13</b>

Fuente: Elaboración propia con datos de (INIDE, 2011)

**Tabla 8.** Escenarios de análisis para los modelos de GIRH propuestos.

Escala productiva de agricultura familiar	Escenarios	
	Sin sistema de GIRH	Consistema de GIRH
<b>Subsistencia</b>	Manejo tradicional sin riego ni implementación de prácticas/tecnologías para mejorar la retención de humedad en el suelo	Implementación de BPAs y uso de insumos, para mejorar la retención de agua en el suelo y la productividad
<b>Transición</b>		
<b>Comercial</b>		Sistema de cosecha de agua + implementación de BPAs y uso de insumos para mejorar la productividad

En función de los modelos productivos más recurrentes en el CSN, se consideraron los cultivos de maíz, frijol, yuca, pipián, ayote y tomate. En adición, se consideró la siembra de cultivos de cobertura como práctica para incrementar los rendimientos en los modelos de GIRH en las tres escalas productivas, sin embargo, los costos de producción e ingresos generados no fueron incluidos en el análisis debido a falta de información. Para cada sistema se construyeron los calendarios de producción considerando las condiciones climáticas y prácticas culturales propias de la región (Figura 5) y se dividió el área a sembrar en función de los valores promedios de superficie para cada tipo de cultivo (Tabla 9).

### i. Demanda hídrica y dimensionamiento del reservorio

Para la estimación de la demanda hídrica requerida para la construcción de reservorios en el modelo de finca de transición y comercial, se utilizaron las cifras estimadas en la Tabla 10, tanto para riego completo en la época seca, como para riego complementario en la época lluviosa. Se asumió una misma demanda hídrica para los cultivos hortícolas (pipián, tomate y ayote), y para el caso de la yuca se trabajó sobre la demanda de 10.000 m<sup>3</sup>/ha. Para todos los casos, la demanda fue calculada de manera proporcional al área sembrada. Asimismo, se estimaron las pérdidas por evaporación e infiltración y el tamaño final del reservorio en función de la superficie y la demanda total para cada modelo.

**Figura 5.** Calendario de siembra de para modelos de propuestos para distintas escalas de productor.

Sin sistema de GIRH												
Época de siembra	Primera				Postrera				Apante			
Meses	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
<b>Cultivo</b>												
Frijol												
Maíz												
Yuca												
Pipián												
Tomate		.										
Ayote												

Con sistema de GIRH (transición y comercial)												
Época de siembra	Primera				Postrera				Apante			
Meses	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
<b>Cultivo</b>												
Frijol												
Maíz												
Yuca												
Pipián												
Tomate		.										
Ayote												
Cutlivo de cobertura												

Con sistema de GIRH (subsistencia)												
Época de siembra	Primera				Postrera				Apante			
Meses	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
<b>Cultivo</b>												
Frijol												
Maíz												
Yuca												
Pipián												
Tomate		.										
Ayote												
Cutlivo de cobertura												

**Tabla 9.** Superficie sembrada por cultivo (hectáreas) para los modelos productivos sin GIRH.

Cultivo	Subsistencia			Transición			Comercial		
	Primera	Postrera	Apante	Primera	Postrera	Apante	Primera	Postrera	Apante
<b>Yuca</b>	0,126	0,126	0,126	0,7	0,7	0,7	3,92	3,92	3,92
<b>Pipián</b>					0,28	0,28		0,7	0,7
<b>Maíz</b>	0,294	0,21	0,07	1,89	0,98	0,7	4,2	2,8	2,8
<b>Tomate</b>					0,21	0,21	0,28	0,98	0,98
<b>Ayote</b>					0,21	0,21	0,28	0,98	0,98
<b>Frijol</b>		0,084					0,7	0,7	0,7
<b>Cultivo cobertura</b>									
<b>Total</b>	<b>0,42</b>	<b>0,42</b>	<b>0,42</b>	<b>2,59</b>	<b>2,59</b>	<b>2,59</b>	<b>11,9</b>	<b>11,9</b>	<b>11,9</b>

**Tabla 10.** Estimación de la demanda hídrica (m<sup>3</sup>) de los cultivos y dimensionamiento del reservorio por escala de productor.

Cultivo	Época lluviosa			Época seca		
	Subsistencia	Transición	Comercial	Subsistencia	Transición	Comercial
Maíz		2.468	7.050		3.525	14.100
Frijol			0		2.350	9.400
Hortalizas		3.701	13.043		2468	11.985
Semipermanentes					7.050	39.480
Cobertura		1.058	7.050			
<b>Demanda total cultivos</b>		<b>7.226</b>	<b>27.143</b>		<b>15.393</b>	<b>74.965</b>
Pérdidas por evaporación					4.618	22.490
Pérdidas por infiltración					2.309	11.245
<b>Demanda total</b>		<b>7.226</b>	<b>27.143</b>		<b>22.319</b>	<b>108.699</b>
<b>Superficie aprox. Reservorio (ha)</b>					<b>0.7</b>	<b>3.6</b>

Fuente: Elaboración propia con datos de la experiencia CIAT/FLAR en cosecha de agua en Nicaragua (KIT y CFC, 2011)

Para estimar los costos de construcción del reservorio (Tabla 11), se utilizó el costo de 5 USD/m<sup>3</sup> suelo removido ajustado a real, considerando que aún no se cuenta con maquinaria disponible para reducir los costos. Para calcular la cantidad de suelo a remover para la construcción de ambos reservorios, se utilizó el índice de eficiencia promedio (m<sup>3</sup> de agua/ m<sup>3</sup> suelo) de reservorios construidos en el CSN. Se depreció por el método de línea recta considerando un tiempo de vida útil del reservorio de 10 años y sin valor de rescate.

**Tabla 11.** Costos de construcción de los sistemas de cosecha de agua por escala de productor.

Tipo de finca	Superficie (ha)	Agua contenida (m <sup>3</sup> )	Movimiento de suelo (m <sup>3</sup> )	A 2,95 USD/m <sup>3</sup> de suelo	A 4,91 USD/m <sup>3</sup> de suelo
Transición	0,7	22.319	1.629,1	4.822	8.037
Comercial	3,6	108.699	7.934,3	23.486	39.143

Fuente: Elaboración propia con datos de la experiencia CIAT/FLAR en cosecha de agua en Nicaragua (KIT y CFC, 2011)

## ii. Estimación de parámetros

Para estimar los costos de producción unitarios (Tabla 12) se utilizaron diversas fuentes. Los costos de insumos y transporte para todos los cultivos en el sistema sin GIRH se estimaron con información contenida en la base de datos de la “Encuesta de línea base FIIT” (INTA, 2015). La base contiene información sobre las características de la producción y miembros del hogar para 1,000 fincas en el territorio nacional, de las cuales el equipo de INTA filtró las observaciones para 39 municipios del CSN, resultando en un tamaño de muestra para el análisis de 361 fincas. Se asumió la muestra como representativa de

los sistemas de producción de agricultura familiar que existen en el corredor seco, por lo que el promedio de los costos y rendimientos estimados se tomaron como escenario base para el análisis (modelos sin sistemas de GIRH). Los costos se ajustaron a valores nominales para enero de 2019 usando el Índice de Precios al Consumidor Nacional (IPC - año base - 2006 = 100) (BCN, 2019). Este procedimiento se repitió a lo largo del análisis para convertir todos los valores monetarios nominales a reales. También se ajustaron todos los valores a moneda local y los precios internacionales a la Paridad de Poder Adquisitivo de Nicaragua.

**Tabla 12.** Costos de producción unitarios (USD) de los cultivos para los meses de cosecha de cada temporada.

Tipo de agricultura	Cultivo	Unidad	Sin sistema de GIRH			Con sistema de GIRH		
			Primera	Postrera	Apante	Primera	Postrera	Apante
<b>Subsistencia</b>	Yuca	Sacos (100 lb)	7,4			6,4		
	Pipián	Unidad						
	Maíz	Quintal (100 lb)	35,8	35,8		36,4	36,4	36,4
	Tomate	Caja (45 lb)						
	Ayote	Unidad		0,2			0,1	
	Frijol	Quintal (100 lb)			8			55,8
<b>Transición</b>	Yuca	Sacos (100 lb)	7,4			3,2		
	Pipián	Unidad		0,1			0,1	
	Maíz	Quintal (100 lb)	35,8	35,8		38,7	22,8	15,4
	Tomate	Caja (45 lb)		5,2			5,8	5,9
	Ayote	Unidad						
	Frijol	Quintal (100 lb)			8			17,6
<b>Comercial</b>	Yuca	Sacos (100 lb)	7,4			3,3		
	Pipián	Unidad		0,1			0,1	
	Maíz	Quintal (100 lb)	35,8	35,8		39,6	23,3	15,7
	Tomate	Caja (45 lb)	5,2	5,2		5,9	5,9	5,9
	Ayote	Unidad	0,2	0,2		0,2	0,1	0,1
	Frijol	Quintal (100 lb)			8			22,8

Dado que la base mencionada no cuenta con datos desagregados para estimar los costos de mano de obra, se derivó el número de jornales requeridos para cada cultivo de tablas de costos de producción a nivel regional (MAG, 2013). Estos se valorizaron con el costo de oportunidad de la mano de obra, equivalente al salario mínimo vigente para empleos en el sector agropecuario (MITRAB, 2018). Para los modelos con GIRH se asumió un incremento del 5% en el número de jornales, considerando la adición en la carga laboral al implementar prácticas de manejo que normalmente no se llevan a cabo en los sistemas tradicionales de producción.

Considerando que los modelos de GIRH propuestos implican el uso de insumos para mejorar la productividad, se refirió a la misma tabla de costos utilizada para la estimación del número de labores necesarias por cultivo para derivar los costos de insumos para los modelos propuestos. En adición a los costos de insumos y mano de obra, se consideró el costo de oportunidad de alquiler de la tierra de 429 USD/ha<sup>18</sup> por ciclo y un 5% de los costos totales de producción como imprevistos.

Para el caso de los sistemas de cosecha de agua también se estimaron los costos de

18. Costo de alquiler de una hectárea para la producción de tabaco en la primera región. Obtenido de entrevistas con productores en octubre de 2018.

energía para el bombeo de agua (Tabla 13). Dadas la dimensión de las superficies a regar, para el modelo de agricultura familiar de transición se decidió estimar los costos en base a un sistema de riego por goteo y para el de agricultura familiar comercial uno de aspersión. Para estimar el costo, se consideró la demanda hídrica del cultivo por temporada de siembra (Tabla 10), el consumo de energía de los sistemas de riego propuestos

(Corominas, 2010)<sup>19</sup>, y la tarifa binomial sin medición horaria estacional para bombeo de agua en la agricultura (INE, 2019). Para el sistema de goteo se consideró la tarifa para sistemas de baja tensión (4.48 NIO/KwH) y para el de aspersión de alta tensión (4.61 NIO/KwH). Ambos sistemas se depreciaron por método de línea recta a 5 años y un valor de rescate del 20% de la inversión asumiendo el valor de rescate de la bomba.

**Tabla 13.** Costos de bombeo de agua para riego por cultivo y escala de productor (USD).

Escala de productor	Transición		Comercial		Costos de riego (USD/ha)	
	Cultivo	Superficie (ha)	Demanda hídrica (m <sup>3</sup> )	Superficie	Demanda hídrica (m <sup>3</sup> )	Transición
Yuca	0.7	7050	5.6	39480	251	330
Pipián	0.56	1763	2	4635	78	108
Maíz	1.68	5993	8	21150	89	124
Tomate	0.42	1322	2.8	6489	78	108
Ayote	0	0	2	4635	0	108
Frijol	0.7	2350	1	9400	84	439

Para la estimación de rendimientos de los sistemas de los sistemas sin GIRH se utilizaron los rendimientos promedios de la base de datos “Encuesta Línea Base FIIT” (INTA, 2015). Para los sistemas con GIRH, se armaron tres escenarios: (i) secano con prácticas de manejo, (ii) riego suplementario en época lluviosa y (iii) riego en época seca. El primer escenario fue utilizado para los sistemas de GIRH de agricultura familiar de subsistencia que, si bien no cuentan con acceso a agua, se asume la implementación de prácticas de manejo para incrementar la retención de agua y el uso de insumos y otras prácticas para mejorar la productividad. Para este escenario se asumió un incremento del 70% de la productividad calculada para los sistemas sin GIRH. El segundo escenario hace referencia a los rendimientos de la cosecha

de postrera con riego suplementario, donde se asumió un 70% de incremento adicional de los rendimientos de secano con prácticas de manejo. El tercer escenario plantea los rendimientos de cultivos regados en la época seca. En el caso del frijol y el maíz, se utilizó el incremento en rendimiento promedio de las fincas en las que CIAT-FLAR construyó reservorios (328% para maíz y 128% para frijol). Este incremento se hizo sobre el rendimiento de ambos cultivos sin sistemas de GIRH. Para el caso de la yuca, se consideró el promedio del rendimiento potencial de seis variedades de yuca liberadas y validadas por el INTA en el CSN. Para los otros cultivos, se utilizó el rendimiento potencial descrito en las planillas de costos de MAG (2013). Se asumió un mismo rendimiento para las tres escalas de productor (Tabla 14).

19. Sistema de riego por goteo: 0.18 KwH/m<sup>3</sup>. Sistema de riego por aspersión: 0.23 KwH/m<sup>3</sup>

**Tabla 14.** Rendimiento de los cultivos bajo distintos escenarios (unidades/ha).

Cultivo	Unidad	Sin sistema de GIRH	Con sistema de GIRH		
			Secano con prácticas de manejo	Riego suplementario época lluviosa	Riego en época seca
<b>Yuca</b>	Sacos (100 lb)	124	211	509	330
<b>Pipián</b>	Unidad	9461	16084	27343	36.657
<b>Maíz</b>	Quintal (100 lb)	24	40	69	101
<b>Tomate</b>	Caja (45 lb)	513	873	1484	1.474
<b>Ayote</b>	Unidad	6691	11376	19339	30.714
<b>Frijol</b>	Quintal (100 lb)	13	21	36	71

El cálculo de ingresos por ventas se estimó en función de los precios de venta al por mayor (APEN, 2018) para los meses de agosto, diciembre y abril para las cosechas de primera, postrera y apante respectivamente (Tabla 15). Los costos de producción total (Tabla 16) e ingresos por ventas (Tabla 17) para cada cultivo y escala productiva fueron estimados por temporada, dadas las diferencias en rendimiento, superficie sembrada, demanda hídrica y precio de venta. No obstante, estos se agregaron por año para el análisis económico-financiero.

**Tabla 15.** Precios unitarios de los cultivos para los meses de cosecha de cada temporada (USD).

Cultivo	Unidad	Primera	Postrera (Diciembre 2018)	Apante
<b>Yuca</b>	Sacos (100 lb)			10,8
<b>Pipián</b>	Unidad		0,3	0,3
<b>Maíz</b>	Quintal (100 lb)	25,3	17,1	15,8
<b>Tomate</b>	Caja (45 lb)	6,3	8,9	6,3
<b>Ayote</b>	Unidad	0,8	0,8	0,8
<b>Frijol</b>	Quintal (100 lb)			38,0

Fuente: APEN (2018)

### iii. Supuestos económicos

Para la construcción de los flujos de inversión se consideró un periodo de análisis de 10 años y se utilizó la Tasa Social de Descuento para iniciativas de inversión pública en Nicaragua del 8% (SNIP, 2018). Los utilizados para el análisis de las inversiones fueron el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno

(TIR), el Periodo de Retorno de la Inversión (PRI) y la relación Beneficio Costo. En el caso del modelo propuesto para la agricultura familiar de subsistencia, no se valoró una inversión inicial como tal, sino un incremento en los costos de producción debido al uso de insumos e implementación de prácticas para mejorar la productividad.



Para el análisis de escenarios futuros en este primer capítulo de análisis económico financiero se consideraron dos escenarios. Un primer escenario fue un incremento en los costos de producción por inflación anual del 5.4%, estimada en función de la inflación promedio de los últimos 10 años para Nicaragua, pero con solo un 3% de incremento anual en el precio de venta. Un segundo

escenario fue el pago de un bono de agua que fue propuesto dentro del marco del proyecto del Proyecto “Adaptación de la agricultura al cambio climático a través de cosecha de agua en Nicaragua” (MEFCCA, 2016). La propuesta consiste en un pago único a las familias para la construcción de reservorios. El monto propuesto fue de 568 USD<sup>20</sup>.

**Tabla 16.** Costos de producción total de los cultivos propuestos por temporada y escala productiva (USD/Unidad).

			Sin sistema de GIRH			Con sistema de GIRH		
Tipo de agricultura	Cultivo	Unidad	Primera	Postrera	Apante	Primera	Postrera	Apante
	Yuca	Sacos (100 lb)	116,9			409,9		
<b>Subsistencia</b>	Pipián	Unidad						
	Maíz	Quintal (100 lb)	248,3	177,4		429,0	521,0	257,2
	Tomate	Caja (45 lb)						
	Ayote	Unidad		107,0			152,0	
	Frijol	Quintal (100 lb)			138,0			556,9
<b>Transición</b>	Yuca	Sacos (100 lb)	649,6			1128,7		
	Pipián	Unidad		372,6			506,2	506,2
	Maíz	Quintal (100 lb)	1.596,5	1182,6		2.931,0	1.519,8	1.085,6
	Tomate	Caja (45 lb)		557,0			1.817,9	1.817,9
	Ayote	Unidad						
	Frijol	Quintal (100 lb)			689,9			878,8
<b>Comercial</b>	Yuca	Sacos (100 lb)	3.637,6			6.639,4		
	Pipián	Unidad		5.216,3			1.287,1	1.287,1
	Maíz	Quintal (100 lb)	5.912,7	4.730,2		6.663,9	4.442,6	4.442,6
	Tomate	Caja (45 lb)	742,7	2.599,4		1.430,9	8.513,8	8.513,8
	Ayote	Unidad	891,4	891,4		1.344,6	1.344,6	1.344,6
	Frijol	Quintal (100 lb)			2.759,7			4.541,7

20. Valor real a enero de 2016.

**Tabla 17.** Ingresos por venta de los cultivos propuestos por temporada y escala productiva (USD/Unidad).

			Sin sistema de GIRH			Con sistema de GIRH		
Tipo de agricultura	Cultivo	Unidad	Primera	Postrera	Apante	Primera	Postrera	Apante
	Yuca	Sacos (100 lb)	169,2			287,6		
<b>Subsistencia</b>	Pipián	Unidad						
	Maíz	Quintal (100 lb)	175,6	84,7		298,5	244,7	111,8
	Tomate	Caja (45 lb)						
	Ayote	Unidad		445,0			1.286,1	
	Frijol	Quintal (100 lb)			65,6			379,2
<b>Transición</b>	Yuca	Sacos (100 lb)	1.597,9			3.838,1		
	Pipián	Unidad		698,9			2.019,7	3.250,6
	Maíz	Quintal (100 lb)	1.128,8	564,4		1.919,0	1.141,8	1.118,3
	Tomate	Caja (45 lb)		956,1			2.763,2	1.961,0
	Ayote	Unidad						
	Frijol	Quintal (100 lb)			327,9			1.896,2
<b>Comercial</b>	Yuca	Sacos (100 lb)	5.263,6			21.493,4		
	Pipián	Unidad		1.747,2			5.049,3	8.126,5
	Maíz	Quintal (100 lb)	4.180,7	2.257,6		4.264,4	3.262,2	4.473,4
	Tomate	Caja (45 lb)	910,6	4.461,9		1.548,0	12.895,0	9.151,3
	Ayote	Unidad	3.708,5	3.708,5		6.304,4	10.717,5	18.152,8
	Frijol	Quintal (100 lb)			1.311,7			7.584,8

## ANÁLISIS ECONÓMICO-FINANCIERO DE MODELOS DE DIVERSIFICACIÓN

### i. Modelos de finca

Para analizar las posibles estrategias de diversificación de los sistemas productivos del CSN, se construyeron modelos de fincas para las distintas escalas de productor. Las superficies para cada escala productiva se mantuvieron. Para el análisis económico financiero de los modelos, se consideró la disponibilidad de

riego para las fincas modelo de agricultura familiar de transición y comercial, más no para el grupo de agricultura familiar de subsistencia. Esto en función de los resultados del primer análisis técnico-económico-financiero de los sistemas de GIRH, donde se concluyó que era poco factible implementar un sistema de GIRH para la obtención de agua para riego en esta categoría de productor.

En los modelos de finca analizados en el primer documento se incluyeron los cultivos

de yuca, pipián, maíz, frijol, tomate y ayote. Los modelos propuestos consideraron la producción de yuca, pipián, maíz, frijol, tomate, ayote, chiltoma, pepino, sandía y sorgo. Asimismo, para los sistemas de agricultura familiar de transición y comercial, se consideró la producción de pastos para la producción bovina y la producción de tilapia en reservorio. En total, se construyeron 8 modelos de finca para las tres escalas productivas; considerando distintas combinaciones productivas (Tabla 18). La Tabla 19 presenta la superficie cultivada por especie de los modelos productivos según tipo de finca y época de producción.

## ii. Estimación de parámetros

Para estimar los costos de producción de cada cultivo, se utilizaron tablas de costos de producción de referencia a nivel regional (MAG, 2013). Estas mismas tablas se utilizaron para la estimación de rendimiento potenciales, considerando que los costos de producción referidos se hicieron en función de un manejo tecnificado del cultivo y siguiendo las mejores prácticas de manejo. Para la estimación de todos los costos de producción se tomó en cuenta el costo de oportunidad de la mano de obra, más no el costo de oportunidad de alquiler de la tierra.

**Tabla 18.** Modelos de finca de diversificación de la productividad analizados.

Modelo de finca	Cultivos
<b>Modelo 1: Tradicional</b>	Yuca, pipián, maíz, tomate, ayote y frijol
<b>Modelo 2: Granos básicos y ganadería</b>	Maíz, frijol, sorgo y ganadería
<b>Modelo 3: Granos básicos y cucurbitáceas</b>	Maíz, frijol, ayote, pepino y sandía
<b>Modelo 4: Granos básicos, cucurbitáceas, solanáceas y tilapia</b>	Maíz, frijol, ayote, pepino, sandía, tomate, chiltoma y tilapia
<b>Modelo 5: Granos básicos, cucurbitáceas y solanáceas</b>	Maíz, frijol, ayote, pepino, sandía, tomate y chiltoma
<b>Modelo 6: Granos básicos y solanáceas</b>	Maíz, frijol, tomate y chiltoma
<b>Modelo 7: Granos básicos, ganadería y tilapia</b>	Maíz, frijol, sorgo, ganadería y tilapia
<b>Modelo 8: Granos básicos, cucurbitáceas, solanáceas y ganadería</b>	Maíz, frijol, ayote, pepino, sandía, tomate, chiltoma y ganadería

**Tabla 19.** Superficie cultivada por especie para los modelos de fincas construidos para el análisis económico-financiero de diversificación de los modelos productivos (hectáreas).

Modelo 1: Tradicional										Modelo 5: Granos básicos + cucurbitáceas + solanáceas									
Cultivo	Subsistencia			Transición			Comercial			Cultivo	Subsistencia			Transición			Comercial		
	Primera	Postera	Apante	Primera	Postera	Apante	Primera	Postera	Apante		Primera	Postera	Apante	Primera	Postera	Apante	Primera	Postera	Apante
Maíz	0.3	0.2	0.2	1.9	1.0	0.7	5.6	4.2	2.8	Maíz	0.1	0.1	0.2	1.2	1.2	0.8	2.8	2.8	2.8
Frijol	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	2.8	Frijol	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	2.8
Yuca	0.1	0.1	0.1	0.7	0.7	0.7	5.4	5.4	3.9	Ayote	0.1	0.1	0.0	0.4	0.4	0.0	2.1	2.1	0.0
Pipian	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	0.0	0.7	0.7	Pepino	0.1	0.1	0.0	0.4	0.4	0.0	2.1	2.1	0.0
Ayote	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.7	0.7	Sandía	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.4	0.7	0.7	2.8
Tomate	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.3	1.0	1.0	Tomate	0.1	0.1	0.0	0.4	0.4	0.4	2.1	2.1	1.8
										Chiltoma	0.1	0.1	0.0	0.4	0.4	0.4	2.1	2.1	1.8
<b>Total</b>	<b>0.4</b>	<b>0.4</b>	<b>0.4</b>	<b>2.6</b>	<b>2.2</b>	<b>2.6</b>	<b>12.0</b>	<b>12.0</b>	<b>12.0</b>	<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>
Modelo 2: Granos básicos + ganadería										Modelo 6: Granos básicos + solanáceas									
Cultivo	Subsistencia			Transición			Comercial			Cultivo	Subsistencia			Transición			Comercial		
	Primera	Postera	Apante	Primera	Postera	Apante	Primera	Postera	Apante		Primera	Postera	Apante	Primera	Postera	Apante	Primera	Postera	Apante
Maíz	0.1	0.1	0.1	0.7	0.7	0.7	2.8	2.8	2.1	Maíz	0.2	0.2	0.2	1.2	1.2	0.8	6.3	6.3	3.5
Frijol	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	2.8	Frijol	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	4.2
Sorgo	0.1	0.1	0.0	0.7	0.7	0.0	2.1	2.1	0.0	Tomate	0.1	0.1	0.0	0.7	0.7	0.7	2.8	2.8	2.1
Pastos	0.2	0.2	0.2	1.2	1.2	1.2	7.1	7.1	7.1	Chiltoma	0.1	0.1	0.0	0.7	0.7	0.7	2.8	2.8	2.1
<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>
Modelo 3: Granos básicos + cucurbitáceas										Modelo 7: Granos básicos + ganadería + tilapia									
Cultivo	Subsistencia			Transición			Comercial			Cultivo	Subsistencia			Transición			Comercial		
	Primera	Postera	Apante	Primera	Postera	Apante	Primera	Postera	Apante		Primera	Postera	Apante	Primera	Postera	Apante	Primera	Postera	Apante
Maíz	0.2	0.2	0.2	1.1	1.1	0.4	5.6	5.6	2.8	Maíz	0.1	0.1	0.1	0.7	0.7	0.7	2.8	2.8	2.1
Frijol	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	2.8	Frijol	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	2.8
Ayote	0.1	0.1	0.0	0.5	0.5	0.5	2.1	2.1	2.1	Sorgo	0.1	0.1	0.0	0.7	0.7	0.0	2.1	2.1	0.0
Pepino	0.1	0.1	0.0	0.5	0.5	0.5	2.1	2.1	2.1	Pastos	0.2	0.2	0.2	1.2	1.2	1.2	7.1	7.1	7.1
Sandía	0.1	0.1	0.1	0.5	0.5	0.5	2.1	2.1	2.1	Tilapia (reservorio)	0.0	0.0	0.0	0.7	0.7	0.7	3.6	3.6	3.6
<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>
Modelo 4: Granos básicos + cucurbitáceas + solanáceas + tilapia										Modelo 8: Granos básicos + cucurbitáceas + solanáceas + ganadería									
Cultivo	Subsistencia			Transición			Comercial			Cultivo	Subsistencia			Transición			Comercial		
	Primera	Postera	Apante	Primera	Postera	Apante	Primera	Postera	Apante		Primera	Postera	Apante	Primera	Postera	Apante	Primera	Postera	Apante
Maíz	0.1	0.1	0.2	1.2	1.2	0.8	2.8	2.8	2.8	Maíz	0.1	0.1	0.1	1.2	1.2	0.8	2.8	2.8	2.1
Frijol	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	2.8	Frijol	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	2.1
Ayote	0.1	0.1	0.0	0.4	0.4	0.0	2.1	2.1	0.0	Ayote	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.7	0.7	0.0
Pepino	0.1	0.1	0.0	0.4	0.4	0.0	2.1	2.1	0.0	Pepino	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.7	0.7	0.0
Sandía	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.4	0.7	0.7	2.8	Sandía	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.7	0.7	0.7
Tomate	0.1	0.1	0.0	0.4	0.4	0.4	2.1	2.1	1.8	Tomate	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.7	0.7	0.7
Chiltoma	0.1	0.1	0.0	0.4	0.4	0.4	2.1	2.1	1.8	Chiltoma	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.7	0.7	0.7
Tilapia (reservorio)	0.0	0.0	0.0	0.7	0.7	0.7	3.6	3.6	3.6	Pastos	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	5.6	5.6	5.6
<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>

Para el cálculo de los costos de producción de los sistemas de ganadería, se utilizaron valores de referencia de INTA para el manejo tecnificado de las FIIT, considerando el modelo de finca ganadera para la zona seca e intermedia. Para la estimación de rendimientos, se tomó como referencia una capacidad de carga de 2,6 cabezas de ganado por hectárea y un rendimiento anual promedio de 12 litros por cabeza de ganado en producción. Se asumió una cantidad constante de ganado en producción en el tiempo y se limitó el análisis a sistemas de producción exclusivamente lecheros, por lo que no se valoró el ingreso por venta de animal en pie al terminar el ciclo de vida productivo.

En el caso de la producción de tilapia se consideró un sistema de baja densidad sin alimentación suplementaria con concentrado. Esto considerando que la producción de tilapia en los reservorios se limita a sistemas de producción artesanal y es meramente complementario a la matriz productiva. Los rendimientos y costos de producción para este tipo de sistemas se derivaron de la experiencia CIAT-FLAR en construcción de obras de cosecha de agua en el CSN. El costo anual de producción fue calculado en 1.125 USD/ha y los rendimientos del sistema en 3.420 kilogramos de pescado entero fresco y limpio por año.

El cálculo de ingresos por ventas se estimó en función de los precios de venta promedio

al por mayor (APEN, 2018). Todos los valores monetarios se ajustaron a valores reales en dólares. También se analizó el mismo escenario de incremento en los costos de producción por inflación anual del 5.4%, estimado en

función de la inflación promedio de los últimos 10 años para Nicaragua, pero con solo un 3% de incremento anual en el precio de venta. La Tabla 20 resume los parámetros utilizados como referencia para el análisis.

**Tabla 20.** Parámetros estimados por cultivo el análisis económico financiero de diversificación.

Cultivo	Unidad	Rendimiento (unidad/ha)	Costos de producción (USD/ha)	Precio (USD/Unidad)
Maíz	Quintal	89	1.136,5	25,0
Yuca	Quintal	389	951,1	10,8
Frijol	Quintal	28	749,3	43,2
Sorgo blanco	Quintal	52	613,3	19,3
Pipián	Cientos	364	1.176,4	16,7
Ayote	Docena	2.270	1.283,1	9,3
Pepino	Sacos 150 lb	406	3.139,4	15,1
Sandía	Docena	684	1.561,3	13,0
Tomate	Cajas de 50 lb	1.322	7.771,7	17,0
Chiltoma	Sacos 50 lb	735	8.733,5	23,1
Pastos	Litros	7.828	560,0	0,3
Tilapia	Kilos	3.420	1.453,5	2,8

### 3. ANÁLISIS ECONÓMICO-FINANCIERO DE LA INTEGRACIÓN DE LOS SISTEMAS DE GIRH PROPUESTOS A LOS MODELOS DE DIVERSIFICACIÓN IDENTIFICADOS

#### i. Modelos de finca

En función de los resultados obtenidos en el análisis de diversificación productiva, se seleccionaron los tres modelos más rentables para cada tipo de productor (Tabla 21). Los sistemas de GIRH a implementar para cada modelo fueron propuestos en función de las características productivas de cada escala de productor. Para todos los modelos de agricultura familiar de transición y subsistencia se consideró la implementación

de sistemas de cosecha de agua. Dado que para los modelos de agricultura familiar de subsistencia no es factible la implementación de estos, se propuso la implementación de sistemas para incrementar la retención de agua en el suelo a través del incremento en la cantidad de materia orgánica. Asimismo, se consideró la implementación de sistemas silvopastoriles en los modelos que contemplan la producción bovina en las tres categorías de productor. Finalmente, para todos los modelos de las tres escalas productivas se consideró el uso de germoplasma mejorado para la producción; aunque la inversión en estos sistemas no fue considerada, ya que se refleja en la compra de semilla, factor ya calculado en los costos de producción.

**Tabla 21.** Modelos de finca de diversificación de la productividad con sistemas de GIRH analizados.

Modelo	Descripción	Subsistencia	Transición	Comercial
<b>Modelo 1: Tradicional</b>	Yuca, pipián, maíz, tomate, ayote y frijol	Incremento de la materia orgánica en el suelo Uso de germoplasma de calidad		Cosecha de agua Uso de germoplasma de calidad
<b>Modelo 3: Granos básicos y cucurbitáceas</b>	Maíz, frijol, ayote, pepino y sandía	Incremento de la materia orgánica en el suelo Uso de germoplasma de calidad	Cosecha de agua Uso de germoplasma de calidad	Cosecha de agua Uso de germoplasma de calidad
<b>Modelo 5: Granos básicos, cucurbitáceas y solanáceas</b>	Maíz, frijol, ayote, pepino, sandía, tomate y chiltoma		Cosecha de agua Uso de germoplasma de calidad	Cosecha de agua Uso de germoplasma de calidad
<b>Modelo 7: Granos básicos, ganadería y tilapia</b>	Maíz, frijol, sorgo, ganadería y tilapia	Incremento de la materia orgánica en el suelo Sistemas silvopastoriles Uso de germoplasma de calidad	Cosecha de agua Sistemas silvopastoriles Uso de germoplasma de calidad	

## ii. Estimación de parámetros

Para la construcción de los flujos financieros se utilizaron los mismos costos de producción, rendimientos e ingresos calculados para los modelos de diversificación seleccionados. Para el caso de las fincas de agricultura familiar de subsistencia, se calculó la inversión necesaria para la modernización de la finca teniendo en cuenta la implementación de prácticas para aumentar la retención de humedad en el suelo a través del incremento en la cantidad de materia orgánica en el suelo. Para calcular dicha inversión, se utilizaron los costos de inversión de sistemas tecnificados que usa INTA para las FIIT de granos básicos y hortalizas en la zona seca (Tabla 22). La inversión se depreció por método de línea recta un periodo de cinco años, sin asumir valor de rescate.

Para la estimación de la demanda hídrica requerida para la construcción de los

sistemas de cosecha de agua, se utilizaron las cifras estimadas de demanda hídrica para los sistemas construidos para la sección 2.2. Se asumió una misma demanda hídrica para los cultivos hortícolas, excepto para el caso de la yuca se trabajó sobre la demanda de 10,000 m<sup>3</sup>/ha. Para todos los casos, la demanda fue calculada de manera proporcional al área sembrada (Tabla 23). Para estimar los costos de construcción del reservorio (Tabla 24), se utilizó el costo de 5 USD/m<sup>3</sup> suelo removido ajustado a valor real, considerando que aún no se cuenta con maquinaria disponible para reducir los costos. Para calcular la cantidad de suelo a remover para la construcción de ambos reservorios, se utilizó el índice de eficiencia promedio de 14 m<sup>3</sup> de agua/m<sup>3</sup> suelo. También se consideró el costo de instalación de un sistema de riego para el aprovechamiento de agua del reservorio, utilizando los mismos parámetros que en la sección anterior.

**Tabla 22.** Calculo de la inversión para 0.7 ha de un sistema de producción con prácticas para incrementar la materia orgánica en el suelo.

Descripción	Unidad de Medida	Cantidad	Costo Unitario (NIO)	Total (USD)
Pasto CT-115 para Barreras Vivas	Varetas	1.000	1	30,9
Lombrices Californianas	kilogramos	1	1.200	37,0
Semilla de Marango para Cercas Vivas	kilogramos	2	300	18,5
Bolsas de Polietileno (6*8)	Unidad	2.000	0,08	4,9
Alambre de Púas	Unidad	6	1.100	203,7
Grapas	Libras	15	20	9,3
Fertilizante Urea 46-0-0	Quintales	3	650	60,2
Fertilizante 12-30-10	Quintales	3	1.000	92,6
Fertilizante 18-46-0	Quintales	3	1.200	111,1
Alambre Triple Galvanizado	Kilogramos	13	49	19,2
Tijeras de podar	Unidad	1	100	3,1
Palín cuadrado	Unidad	1	151	4,7
Machetes	Unidad	2	121	7,5
Azadón	Unidad	2	290	17,9
Coba	Unidad	1	209	6,5
SERRUCHO	Unidad	1	85	2,6
Martillo	Unidad	1	113	3,5
Baldes plástico de 20 litros con tapa	Unidad	4	100	12,3
Bidón plástico con tapa de 50 litros	Unidad	1	500	15,4
Manguera de 1/2 pulgada	Yardas	4	20	2,5
Tubos PVC de media pulgada	Unidad	9	120	33,3
Codos PVC de media pulgada	Unidad	12	10	3,7
Pega PVC	Unidad	1	25	0,8
Malla Antivirus de 50 Mesh	metros Cuadrados	22	60	40,7
Bandejas multiceldas de polietileno (98 hoyos)	Unidad	30	50	46,3
Cobre	kilogramos	20	150	92,6
Ambientador	Litros	3	40	3,7
Bolsas plásticas quintaleras amarillas	Unidad	20	5	3,1
Bolsas plásticas quintaleras azules	Unidad	20	5	3,1
Silos Metálicos 4 quintales	Unidad	1	1.300	40,1
Plástico Negro de 1000 micrones	Yardas	40	35	43,2
<b>Total</b>				<b>974,0</b>

Fuente: INTA (2019)

**Tabla 23.** Estimación de la demanda hídrica (m<sup>3</sup>) de los cultivos y dimensionamiento del reservorio por escala de productor.

Cultivos	Subsistencia	Transición	Comercial	Subsistencia	Transición	Comercial
Maíz		2.468	7.050		3.525	14.100
Frijol			0		2.350	9.400
Hortalizas		3.701	13.043		2.468	11.985
Yuca					7.050	39.480
Pastos		1.058	7.050			
<b>Demanda total cultivos</b>		<b>7.226</b>	<b>27.143</b>		<b>15.393</b>	<b>74.965</b>
Pérdidas por evaporación					4.618	22.490
Pérdidas por infiltración					2.309	11.245
<b>Demanda total</b>		<b>7.226</b>	<b>27.143</b>		<b>22.319</b>	<b>108.699</b>
<b>Superficie aprox. Reservorio (ha)</b>					<b>0,7</b>	<b>3,6</b>

**Tabla 24.** Costos de construcción de los sistemas de cosecha de agua por escala de productor.

Tipo de finca	Superficie (ha)	Agua contenida (m <sup>3</sup> )	Movimiento de suelo (m <sup>3</sup> )	A 2.95USD/m <sup>3</sup> de suelo (USD)	A 4.91USD/m <sup>3</sup> de suelo (USD)	Instalación del sistema de riego (USD)
Transición	0.7	22319	1629	4841	8069	4673
Comercial	3.6	108699	7934	23578	39297	20145

Para los sistemas silvopastoriles, se utilizó como referencia los costos de inversión para sistemas tecnificados utilizados por el INTA (Tabla 25). El modelo utilizado es el referido para explotaciones ganaderas en zonas secas e intermedias. El cálculo de la inversión se hizo en función del establecimiento de un sistema silvopastoril con variedades mejoradas de *Brachiaria* (cv. *Mulato y Piata*), *Mombasa* (*Megathyrus sp.*) y *Pennisetum purpureum* (cv. CT-115). Entre las especies forestales a establecer en el sistema de referencia están marango (*Moringa oleifera*) para el establecimiento de cercas vivas y leucaena (*Leucaena leucocephala*) para suplementación alimenticia. Además, se contempló la inversión en insumo y herramientas para el establecimiento de potreros, abrevaderos, un pequeño silo y del

sistema silvopastoril como tal. La inversión se depreció por método de línea recta por un periodo de diez años, sin considerar el valor de rescate.

Para la construcción de los flujos de inversión se consideró un periodo de análisis de 10 años y se utilizó la Tasa Social de Descuento para iniciativas de inversión pública en Nicaragua del 8% (SNIP, 2018). Los indicadores utilizados para el análisis de las inversiones fueron el VAN, TIR, el Periodo de Retorno de la Inversión y la relación Beneficio Costo. Al igual que en el capítulo anterior, para el análisis de escenarios futuros se consideró un incremento en los costos de producción por inflación anual del 5.4% y un 3% de incremento anual en el precio de venta.



**Tabla 25.** Calculo de la inversión para 0.7 ha de un sistema silvopastoril.

Descripción	Unidad de Medida	Cantidad	Costo Unitario (NIO)	Total (USD)
Pastos Mejoradas Brachiaria (Mulato y Piata )	Kilogramos	4	300	37.0
Pastos mejorado de Mombaza o Tanzania	Kilogramos	4	300	37.0
Semilla de Marango para cercas vivas	Kilogramos	4	300	37.0
Semillas de leucaena	Kilogramos	1	100	3.1
semilla de pasto CT-115	Varetas	3500	1	108.0
Alambre de Púas	Unidad	6	1100	203.7
Grapas	Libras	15	20	9.3
Bolsas de Polietileno de (6*8)	Unidad	3000	0.08	7.4
Alambre Triple Galvanizado	Kilogramos	12	49.41	18.3
Tijeras de podar	Unidad	1	100	3.1
Palín cuadrado	Unidad	1	151.33	4.7
Machetes	Unidad	1	121.17	3.7
Azadón	Unidad	1	290.00	9.0
Coba	Unidad	1	209.00	6.5
SERRUCHO	Unidad	1	85.20	2.6
Bebederos plásticos	Unidad	1	100.00	3.1
Martillo	Unidad	1	113.15	3.5
Silo Cincho	Unidad	1	13510	417.0
Plástico Negro 1000 Micrones para Horno Forrajero	Yardas	30	35	32.4
<b>Total</b>				<b>946.4</b>

Fuente: INTA (2019)

#### 4. TALLER FODA

El taller se llevó a cabo en instalaciones del INTA el día martes 12 de febrero de 2019. Previo al ejercicio grupal, se contextualizó a los participantes presentando los objetivos del presente estudio, la identificación de población objetivo y modelos productivos, y la propuesta para la GIRH para la producción agropecuaria de agricultura familiar en

el CSN. La propuesta se dividió en dos segmentos: i) sistemas de GIRH dirigidos a familias protagonistas con potencial acceso al recurso hídrico y ii) sistemas de GIRH para familias protagonistas con acceso limitado al recurso hídrico. La contextualización se complementó con presentaciones de los grupos de los programas de fitomejoramiento, agua y manejo sostenible de los cultivos del INTA (Tabla 26).

El taller contó con la participación de 42 personas, que incluyen autoridades, investigadores y personal administrativo del INTA; representantes de instituciones gubernamentales (MARENA, INETER, MAG, MEFCCA, MINREX), la Universidad Nacional Agraria y organismos de cooperación internacional (PMA, Heifer Internacional, CATIE, CRS); productores de las regiones 1, 2 y 4; la secretaría ejecutiva de FONTAGRO, y el equipo de investigación encargado del presente estudio (Tabla 27).

Con el fin de identificar las Fortalezas y Debilidades internas, así como las Oportunidades y Amenazas del entorno en relación a los sistemas planteados, se formaron cuatro grupos heterogéneos de aproximadamente 8 participantes. A cada grupo se le asignó la identificación de uno de los cuatro componentes del análisis (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) para los sistemas propuestos. Durante la jornada de la mañana se procedió con el FODA para sistemas de cosecha de agua e irrigación para protagonistas con potencial acceso a fuentes de agua. Durante la tarde, se hizo el ejercicio para prácticas de manejo y tecnologías disponibles para protagonistas con un acceso limitado a las fuentes de agua.

Durante el ejercicio los participantes de cada grupo comenzaron personalmente a identificar el respectivo componente que se le fue asignado a su mesa. Un segundo paso fue compartir las ideas personales con el grupo, con el fin de tener una lista priorizada a nivel grupal, para luego compartirla con todos los participantes en el salón. Tras presentar la lista priorizada, los integrantes del resto de los grupos fueron preguntados sobre elementos faltantes y sobrantes en la lista priorizada. Este procedimiento se realizó para cada uno de los cuatro componentes del análisis (Figura 6).

Finalmente, se procedió a la priorización de los elementos indicados. Los integrantes de cada grupo recibieron un adhesivo de

color amarillo para priorizar dentro de su respectivo componente las acciones de mayor importancia para la población objetivo y uno rojo para aquellas que tienen un mayor impacto sobre la misma. El mismo procedimiento se repitió durante la tarde para los sistemas de GIRH propuestos para la población con acceso limitado al recurso hídrico.

Tras la sistematización de los resultados, el equipo de investigación organizó los elementos identificados por los participantes y los categorizó en cuatro grupos. Un primer grupo se refiere a los elementos de tipo institucional, que hace referencia a todos aquellos relacionados al ámbito organizacional del INTA y otras instituciones relevantes en la GIRH, leyes y regulaciones a nivel nacional, estrategias gubernamentales y voluntad política. La categoría de elementos del ámbito tecnológico y productivo agrupa aquellas relacionadas a la parte técnica de los sistemas analizados, incluyendo la disponibilidad de tecnologías y prácticas. El tercer grupo hace referencia a toda la parte humana, que implica toda la experiencia, organización social y gestión del conocimiento concerniente al tema. Todos los elementos relacionados a la parte del manejo de recursos naturales y condiciones ambientales se categorizaron en la categoría ambiental. Finalmente, los ambientes relacionados a aspectos de inversión, financiamiento y nivel de vida de los protagonistas se agruparon en el grupo socioeconómico.

Un último paso en el análisis de los resultados fue la recomendación de estrategias a implementar en función de los cuatro grupos de elementos identificados y priorizados. Para este análisis, se consideraron cuatro grupos de acción en función de los cuatro elementos del análisis FODA. Estas estrategias serán consideradas y analizadas más a detalle en el capítulo final del presente estudio, considerando aspectos técnicos, económicos y financieros de las propuestas identificadas.

**Tabla 26.** Agenda del taller FODA.

Hora	Actividad	Responsables
9:00 - 9:15	Bienvenida a la actividad por parte de las entidades anfitrionas	Miguel Ovando - INTA
9:15 - 9:20	Presentación del estudio	Eugenia Saini - FONTAGRO
9:20 - 9:40	Socialización de agenda y presentación de los participantes del taller	Santiago Jaramillo - FLAR
9:40 - 10:00	Análisis de población objetivo	Sergio Urioste - CIAT
10:00 - 10:30	Experiencias y lecciones aprendidas sobre la GIRH en Nicaragua	José Arana - CIAT
10:30 - 10:50	Propuestas de manejo para agricultores con acceso limitado al recurso hídrico	Sergio Urioste - CIAT
10:50 - 11:00	Café	Santiago Jaramillo - FLAR
11:00 - 12:00	Líneas estratégicas de investigación del INTA Acciones de investigación en mejoramiento genético, manejo sostenible de cultivos, producción animal y gestión del recurso hídrico.	Edward Pulver - FLAR
12:00 - 13:15	Análisis FODA para el escalamiento de sistemas de GIRH para familias productoras con acceso a fuentes de agua	
13:15 - 13:45	Almuerzo	Equipo de investigadores de INTA
13:45 - 15:00	Análisis FODA para el escalamiento de sistemas de GIRH para familias productoras con acceso limitado a fuentes de agua Identificar factores habilitadores y limitantes	José Arana - CIAT
15:00 - 15:15	Cierre del taller	

**Tabla 27** Lista de participantes del taller FODA.

Nombre	Organización	Correo electrónico
<b>Sergio Urioste</b>	CIAT	s.urioste@cgiar.org
<b>Byron Reyes</b>	CIAT	b.retes@cgiar.org
<b>Yuder José</b>	MEFCCA	y.meriodo@yahoo.es
<b>Claudio Idiaquez</b>	MEFCCA	cidiaquez@economiafamiliar.org
<b>Bismarck Rodríguez</b>	MEFCCA	r.bismar@yahoo.es
<b>Leeyen Zamuria</b>	MINREX	enlace@cancilleria.gob.ni
<b>Lisandria Gutiérrez</b>	MINREX	enlace@cancilleria.gob.ni

<b>Carlos Moreno</b>	INTA	checarlos77@gmail.com
<b>Juan Balbi</b>	FONTAGRO	jbalbi@iadb.org
<b>José Arana</b>	CIAT	j.arana@cgiar.org
<b>Carmen Gutiérrez</b>	INTA	cgutierrezmesiter@gmail.com
<b>Marcia Estrada</b>	MARENA	mestrada@marena.gob.ni
<b>Jarvis Rodríguez</b>	INTA	saviex2006@yahoo.es
<b>Ebenes Vega</b>	INTA	evega@inta.gob.ni
<b>Eliseo Arauz</b>	PMA	eliseo.arauz@wfp.org
<b>Edward Pulver</b>	FLAR	ewardpulver@yahoo.es
<b>Cesar Acevedo</b>	INTA	cesarevvidor69@gmail.com
<b>Julián Vásquez</b>	Productor Masaya	
<b>José Sánchez</b>	MAG	jose.sanchez@mag.gob.ni
<b>Santiago Jaramillo</b>	FLAR	s.jaramillo@cgiar.org
<b>Humberto Blandón</b>	Heifer Internacional	hblandon@heifer.org
<b>Gonzalo Brenes</b>	INTA	gonbrenes@yahoo.com
<b>Francisco Alvarado</b>	PMA	francisco.alvarado@wfp.org
<b>Norma Sepúlveda</b>	CATIE	nsepulveda@catie.ac.cr
<b>Vidal Ascencio</b>	INTA	vidalascencio@yahoo.es
<b>Omar Guido</b>	Productor Chichigalpa	
<b>Ronald Espinoza</b>	Productor Chinandega	
<b>Eugenia Saini</b>	FONTAGRO	esaini@iadb.org
<b>Rolando Garay</b>	INTA	rolandogaray@rocketmail.com
<b>Danilo Montalván</b>	INTA	dmontalvan@inta.gob.ni
<b>Douglas Marcial</b>	INTA	marcial205@yahoo.com
<b>Pastor Mendoza</b>	Productor Somoto	
<b>Mario Regoma</b>	INTA	mario.regoma@yahoo.com
<b>Luis Urbina</b>	INTA	raw060362@yahoo.es
<b>Geravolo Murillo</b>	UNA	geravolo.murillo@ci.una.edu
<b>Claudia Tijero</b>	MEFCCA	
<b>Roger Andino</b>	INTA	regorqqz@hotmail.com
<b>Erwin Rueda</b>	INETER	erwinrueda@gmail.com
<b>Aldo Aviles</b>	INETER	aldo.aviles@ineter.gob.ni
<b>Roger Rodríguez</b>	CRS	roger.rodriguez@crs.org
<b>Alejandro Pineda</b>	MAG	jose.pineada@mag.gob.ni
<b>Germán Orozco</b>	INETER	germanorozcomayorga@gmail.com

**Figura 6.** Proceso participativo del taller FODA.



#### **ANEXO 4. CARACTERIZACIÓN DE LA POBLACIÓN OBJETIVO POR REGIÓN**

El INTA divide su área de intervención a nivel nacional en seis regiones, en adición a las Regiones Autónomas de la Costa Caribe Norte (RAAN) y Sur (RAAS) (Tabla 28). Los 108 municipios del CSN se encuentran dentro de las primeras seis regiones (Figura 7). La primera región corresponde a Las Segovias, que comprende los departamentos de Estelí, Madriz y Nueva Segovia en la región norte del país. Es la región con el mayor porcentaje de EAs

de agricultura familiar en relación al total de EAs (91%). Predomina el clima caliente y subhúmedo con precipitaciones medias anuales entre los 1.000 y 1.400 mm, aunque en las zonas más secas de los valles intermontanos el clima es semiárido con una precipitación promedio que no excede los 800 mm anuales. Las temperaturas son más frescas que en el resto del país, sobre todo en las zonas montañosas de Estelí y el Norte de Nueva Segovia. La zona se caracteriza por la producción cafetera, pero predominan la producción de granos básicos (maíz, frijol y sorgo) y la crianza de ganado

bovino, que en muchos casos se complementa con hortalizas como tomate, chiltoma, ayote y pipián. También es común la producción de frutales propios de zonas secas como el jocote, guayaba, nancite, guanábana y zapote. A mayor escala se siembra tabaco y arroz.

La segunda región corresponde a los departamentos de León y Chinandega, ubicados en la zona occidental del Pacífico. Predomina el clima caliente y sub-húmedo, con un rango de precipitación promedio anual de 1.400 a

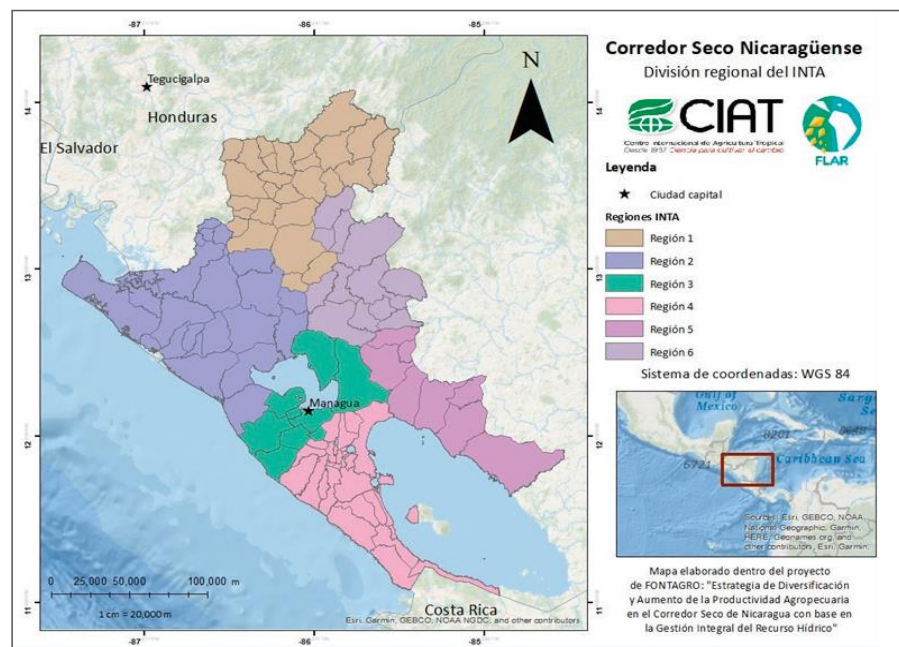
1.800 mm, con zonas por debajo del rango en los municipios del noreste y este de León y un parche que llega hasta los 2.000 mm en el este del municipio de Chinandega y en el municipio de Tuma- La Dalia. Las temperaturas son altas a lo largo del año y la Evapotranspiración Potencial (ETP) supera los 1.600 mm. La región tiene el mayor porcentaje de producción ganadera a nivel nacional y predomina el cultivo de maíz, pipián, frijol, sorgo y yuca. A gran escala se siembra caña de azúcar, maní, ajonjolí y arroz.

**Tabla 28.** Delimitación regional del INTA.

Región	Departamentos	N° Municipios	N° de EAs	% de EAs de Agricultura Familiar	% de EAs de Agricultura Familiar del CSN
I	Estelí	27	42.434	91%	27%
	Madriz				
	Nueva Segovia				
II	León	22	33.621	87%	20%
	Chinandega				
III	Managua	9	13.131	87%	8%
IV	Masaya	30	38.413	87%	23%
	Granada				
	Carazo				
	Rivas				
V	Boaco	8	10.731	85%	6%
	Chontales				
VI	Jinotega	12	28.056	84%	16%
	Matagalpa				
<b>Corredor Seco</b>		<b>108</b>	<b>166.386</b>	<b>87%</b>	<b>100%</b>

Fuente: INTA (2019)

**Figura 7.** División regional del INTA en el Corredor Seco de Nicaragua.



Fuente: Elaboración propia con datos de INTA (2018).

Managua es el único departamento que compone la tercera región. La precipitación media anual está por debajo de los 1.400 mm en los municipios circundantes al lago Xolotlán y de los 1.800 mm a lo largo de la costa Pacífica. Aunque la población es mayormente urbana debido a la presencia de la ciudad capital, concentra cerca del 8% de las EAs del país, con importantes superficies de sorgo millón, maíz, arroz, frijol y maní. La cuarta región comprende los departamentos de Masaya y Granada en la zona central del Pacífico, y Carazo y Rivas en el Pacífico Sur. Predomina el clima caliente subhúmedo con precipitaciones medias anuales por debajo de los 1.400 mm en la región noroeste del Lago Cocibolca y la costa pacífica sur, y por debajo de los 1.800 mm en el departamento de Carazo y la región oeste del Lago. En adición al cultivo de granos básicos (maíz, frijol, arroz y sorgo), es común la producción de musáceas, café, maní, ajonjolí, cítricos, mango, pipián, ayote y mamón.

Los departamentos de Boaco y Chontales en el centro del país componen la quinta región. Para el caso del corredor seco, son la región con el

menor número de municipalidades, ya que solo los municipios que limitan con la costa este del Lago Cocibolca pertenecen al CSN. En lo que corresponde a las municipalidades limitadas, la precipitación media anual está por debajo de los 1.400 mm y la ETP supera los 1.800 mm. Predomina la producción de maíz, frijol, arroz, sorgo blanco y millón; en adición a la cría de ganado bovino y el cultivo de sandía y café.

La sexta región comprende los departamentos de Jinotega y Matagalpa en el centro norte del país. En cuanto a clima presenta características similares a la primera región, con temperaturas más bajas que en el resto del país, debido al rango altitudinal, y precipitaciones medias anuales que van desde menos de 1.000 mm en el oeste de Matagalpa, hasta los 2.000 mm en los municipios del este y noreste de ambos departamentos. Es la región con mayor presencia de cafetaleros, donde el 60% de los agricultores dentro del área del corredor seco se dedican a producir el cultivo. Al igual que el resto del país, la producción de maíz y frijol es esencial, aunque también destaca la producción de sorgo, tomate, chiltoma, papa y cebolla.

**Tabla 29.** Principales cultivos producidos y grupos de animales criados en el CSN según porcentaje de EAs de agricultura familiar que llevan a cabo la actividad.

Cultivo/animal	CSN	Región 1	Región 2	Región 3	Región 4	Región 5	Región 6
Maíz	<b>88%</b>	92%	90%	85%	74%	90%	90%
Aves de corral	<b>82%</b>	82%	88%	79%	75%	87%	84%
Frijol	<b>65%</b>	83%	26%	45%	67%	71%	82%
Ganado bovino	<b>43%</b>	43%	55%	37%	35%	51%	37%
Cerdos	<b>35%</b>	26%	43%	28%	33%	56%	38%
Café	<b>28%</b>	46%	5%	11%	11%	20%	60%
Yuca	<b>25%</b>	20%	26%	27%	38%	31%	8%
Pipián	<b>25%</b>	11%	37%	42%	28%	20%	10%
Musáceas	<b>22%</b>	12%	17%	26%	38%	32%	12%
Ayote	<b>19%</b>	16%	30%	20%	19%	21%	8%
Jocote	<b>19%</b>	21%	18%	20%	19%	19%	19%
Guayaba	<b>19%</b>	20%	18%	19%	18%	20%	19%
Tomate	<b>17%</b>	22%	7%	20%	15%	22%	23%
Sorgo millón	<b>16%</b>	15%	22%	12%	8%	35%	10%
Guanábana	<b>16%</b>	18%	10%	14%	15%	20%	0%
Zapote	<b>16%</b>	15%	13%	20%	16%	0%	13%
Mamón	<b>15%</b>	13%	10%	19%	16%	0%	13%
Tamarindo	<b>15%</b>	0%	14%	20%	15%	0%	20%
Chiltoma	<b>14%</b>	12%	10%	18%	16%	22%	17%
Nancite	<b>14%</b>	18%	15%	17%	14%	20%	10%
Sorgo blanco	<b>12%</b>	8%	13%	19%	15%	14%	9%
Ajonjolí	<b>11%</b>	0%	15%	2%	29%	0%	0%
Cítricos	<b>11%</b>	5%	9%	12%	19%	9%	7%
Mango	<b>7%</b>	5%	8%	10%	9%	9%	6%
Arroz	<b>7%</b>	1%	5%	2%	29%	5%	1%
Aguacate	<b>7%</b>	4%	6%	9%	10%	7%	5%
Sandía	<b>7%</b>	3%	8%	14%	7%	20%	1%
Caña de Azúcar	<b>5%</b>	6%	8%	5%	3%	8%	6%
Piña	<b>5%</b>	3%	6%	11%	4%	6%	4%
Pitahaya	<b>5%</b>	3%	5%	7%	5%	7%	5%
Papa	<b>4%</b>	8%	0%	0%	0%	0%	15%
Cebolla	<b>4%</b>	7%	0%	1%	1%	1%	14%
Coco	<b>4%</b>	3%	5%	7%	4%	7%	5%
Papaya	<b>4%</b>	3%	6%	6%	4%	6%	5%
Mango	<b>4%</b>	3%	3%	5%	7%	4%	2%
Chayote	<b>4%</b>	4%	2%	3%	5%	5%	5%
Repollo	<b>4%</b>	7%	0%	0%	1%	1%	12%
Granadilla	<b>4%</b>	3%	5%	5%	3%	6%	5%



**Tabla 30.** Principales cultivos en el CSN según superficie sembrada por EAs de agricultura familiar.

Cultivo/animal	CSN	Superficie sembrada (ha)					
		Región 1	Región 2	Región 3	Región 4	Región 5	Región 6
Maíz	<b>175578</b>	49736	45331	13509	19879	14289	175578
Frijol rojo	<b>137742</b>	57510	11843	5058	17430	9628	137742
Café	<b>81269</b>	29978	478	4830	8347	1755	81269
Sorgo millón	<b>43851</b>	7788	9349	15941	2092	5330	43851
Arroz de riego	<b>38452</b>	0	4327	7068	10530	6769	38452
Maní	<b>32845</b>	0	23383	3331	6131	0	32845
Musáceas	<b>22681</b>	1989	3734	1257	12657	757	22681
Sorgo blanco	<b>21127</b>	2801	5704	3625	3427	1938	21127
Arroz de secano	<b>13307</b>	1180	5151	212	6355	278	13307
Frijol negro	<b>10086</b>	3728	522	186	1150	333	10086
Ajonjolí	<b>9720</b>	6	8378	482	853	0	9720
Sorgo rojo	<b>9349</b>	99	3959	1948	3011	78	9349
Cítrico	<b>5840</b>	526	550	329	3835	162	5840
Yuca	<b>3578</b>	255	1448	436	1238	107	3578
Tomate	<b>2112</b>	692	120	260	325	86	2112
Pipián	<b>1965</b>	153	611	356	613	62	1965
Mango	<b>1871</b>	249	659	109	626	65	1871
Tabaco	<b>1855</b>	1787	1	1	41	0	1855
Soya	<b>1851</b>	0	1378	181	292	0	1851
Sandía	<b>1757</b>	88	528	616	364	123	1757
Ayote	<b>1558</b>	138	550	181	451	102	1558
Aguacate	<b>1342</b>	140	178	129	749	15	1342
Papa	<b>1302</b>	353	1	0	2	1	1302
Chiltoma	<b>1299</b>	232	113	221	242	91	1299
Piña	<b>1019</b>	37	61	580	336	1	1019
Cebolla	<b>826</b>	158	17	19	6	16	826
Repollo	<b>744</b>	220	4	6	29	2	744
Pitahaya	<b>692</b>	22	49	85	491	22	692
Coco	<b>538</b>	51	74	106	218	18	538
Papaya	<b>503</b>	23	102	48	298	9	503
Jocote	<b>393</b>	27	54	17	277	9	393
Chile	<b>384</b>	44	17	230	41	21	384
Pepino	<b>335</b>	54	41	64	57	6	335
Cacao	<b>330</b>	115	24	18	99	4	330
Malanga	<b>321</b>	104	20	4	11	22	321
Chayote	<b>316</b>	22	83	17	54	18	316
Melón	<b>307</b>	16	48	146	69	11	307

Quequisque	<b>257</b>	28	38	51	78	15	257
Algodón	242	0	32	210	0	0	242
Zanahoria	231	8	1	1	2	1	231
Granadilla	204	27	9	14	125	8	204
Lechuga	166	5	1	1	1	1	166
Achiote	148	25	41	11	41	5	148
Tamarindo	113	0	8	1	103	0	113
Remolacha	102	8	2	1	2	1	102
Nancite	65	20	5	3	33	0	65

Elaborada con datos de INIDE (2011).

**Tabla 31.** Principales modelos productivos de agricultura familiar en el CSN.

Modelo productivo	CSN	Región 1	Región 2	Región 3	Región 4	Región 5	Región 6
Maíz, Frijol	<b>59%</b>	78%	25%	38%	54%	68%	76%
Maíz, Frijol, Ganado	<b>27%</b>	36%	15%	16%	22%	35%	29%
Maíz, Yuca	<b>24%</b>	20%	24%	26%	37%	31%	9%
Maíz, Pipián	<b>23%</b>	11%	36%	41%	26%	20%	10%
Maíz, Ayote	<b>19%</b>	16%	29%	20%	17%	21%	8%
Maíz, Tomate	<b>16%</b>	22%	7%	16%	13%	21%	22%
Frijol, Yuca	<b>15%</b>	19%	7%	13%	28%	25%	8%
Maíz, Sorgo millón	<b>15%</b>	15%	21%	11%	7%	34%	10%
Maíz, Frijol, Yuca	<b>15%</b>	18%	7%	12%	25%	25%	8%
Maíz, Frijol, Musáceas	<b>14%</b>	11%	6%	12%	26%	23%	10%
Maíz, Café	<b>13%</b>	17%	14%	20%	9%	6%	11%
Maíz, Chiltoma	<b>13%</b>	12%	9%	15%	13%	20%	17%
Frijol, Tomate	<b>13%</b>	20%	2%	14%	12%	14%	20%
Frijol, Pipián	<b>12%</b>	10%	8%	23%	18%	13%	9%
Maíz, Frijol, Tomate	<b>12%</b>	19%	2%	11%	10%	13%	19%
Maíz, Pipián, Ayote	<b>11%</b>	6%	20%	15%	11%	13%	4%
Maíz, Ganado, Pipián	<b>11%</b>	5%	20%	18%	9%	12%	4%
Maíz, Ganado, Yuca	<b>11%</b>	10%	14%	12%	15%	20%	3%
Maíz, Frijol, Pipián	<b>11%</b>	9%	8%	21%	16%	13%	8%
Maíz, Sorgo Blanco	<b>11%</b>	8%	11%	18%	14%	13%	9%
Frijol, Ayote	<b>11%</b>	14%	8%	12%	12%	15%	8%
Frijol, Sorgo millón	<b>11%</b>	12%	10%	6%	6%	28%	9%
Maíz, Frijol, Sorgo millón	<b>10%</b>	11%	10%	6%	5%	28%	8%
Frijol, Chiltoma	<b>10%</b>	11%	3%	12%	12%	13%	15%
Maíz, Frijol, Ayote	<b>10%</b>	14%	7%	11%	10%	15%	7%
Frijol, Café	<b>10%</b>	15%	5%	10%	7%	4%	10%
Maíz, Ganado, Ayote	<b>9%</b>	8%	17%	8%	6%	14%	4%
Maíz, Frijol, Chiltoma	<b>9%</b>	10%	3%	9%	10%	13%	14%
Maíz, Frijol, Café	<b>9%</b>	15%	4%	7%	6%	4%	9%

Maíz, Ganado, Sorgo millón	<b>8%</b>	8%	14%	6%	4%	17%	4%
Maíz, Ajonjolí	<b>8%</b>	0%	12%	1%	17%	0%	0%
Maíz, Yuca, Ajonjolí	<b>8%</b>	0%	12%	0%	2%	0%	0%
Maíz, Frijol, Musáceas, Yuca	<b>8%</b>	6%	4%	7%	14%	19%	2%
Maíz, Arroz	<b>5%</b>	0%	3%	1%	23%	4%	1%
Frijol, Arroz	<b>4%</b>	0%	1%	1%	21%	2%	1%
Maíz, Frijol, Arroz	<b>4%</b>	0%	1%	1%	19%	2%	1%

Elaborada con datos de INIDE (2011).

**Tabla 32.** Acceso a fuentes de agua de las EAs del CSN.

Región (n)	Acceso a fuentes de agua	Fuente de agua superficial	Río o quebrada	Laguna o lago	Fuente de agua subterránea	Pozo perforado	Pozo Artesiano
Región 1 (38.626)	<b>75%</b>	57%	36%	1%	27%	22%	6%
Región 2 (29.250)	69%	25%	16%	0%	54%	52%	2%
Región 3 (11.485)	42%	22%	14%	1%	27%	25%	2%
Región 4 (33.255)	35%	16%	10%	1%	24%	22%	3%
Región 5 (9.163)	68%	46%	31%	2%	36%	30%	6%
Región 6 (23.703)	52%	44%	25%	1%	12%	10%	2%
<b>Corredor (145.482)</b>	<b>58%</b>	<b>36%</b>	<b>22%</b>	<b>1%</b>	<b>30%</b>	<b>27%</b>	<b>4%</b>

Elaborada con datos de INIDE (2011).

## ANEXO 5. ANÁLISIS TÉCNICO – ECONÓMICO – FINANCIERO DE SISTEMAS DE GIRH

### 1. Análisis técnico

Los resultados del CENAGRO muestran claramente que la implementación de buenas prácticas para el manejo de cultivos, como la adopción de material genético mejorado, uso de semilla de calidad (certificada y mejorada), apropiada fertilización y otras BPAs, es limitado. Así mismo, es evidente que las familias productoras, en su mayoría, no están convencidas

o conscientes de prácticas que aprovechen el recurso natural existente para la obtención de rendimientos más altos y estables, tales como cero labranza, uso de cultivos de cobertura para incrementar la cantidad de materia orgánica en el suelo; entre otras prácticas que podrían ser implementadas. En resumen, los productores de agricultura familiar están implementando en su mayoría, agricultura de alto riesgo.

Existen EAs a lo largo del CSN que llegan a obtener rendimientos altos y estables de granos básicos y hortalizas, así como de cultivos comerciales como tabaco, caña de

azúcar y maní. Sin embargo, estas EAs suelen tener irrigación, que es esencial al momento de reducir el riesgo a la sequía, y consecuentemente garantizar la inversión en semilla de calidad de material genético mejorado, acompañado del uso de otros insumos para garantizar la alta productividad. La disponibilidad de agua para irrigación reduce o elimina los factores de riesgo asociados con la agricultura de bajo riesgo/subsistencia. Es indiscutible que la mayor limitante para la adopción de tecnologías para incrementar la producción agropecuaria es el riesgo a la sequía. La Figura 1 pone en evidencia que una importante cantidad de municipios del CSN han sido clasificados como municipios con severo o alto riesgo a la sequía. Consecuentemente, los avances relacionados a la producción de alimentos y sus subsecuentes efectos en la reducción de la pobreza están asociados con la reducción de los riesgos de las EAs asociados a la sequía.

### **i. Incrementando el acceso al agua para irrigación**

La disponibilidad de agua y el riesgo a la sequía han sido analizados por estudios del BID y la FAO (van der Zee et al., 2012; Zegarra & Chirinos, 2016). El estudio de Zegarra y Chirinos (2016) reportó la disponibilidad de agua subterránea a lo largo de la costa pacífica en la región 2 y 4, por lo que este tipo de fuente se constituye como la principal fuente de abastecimiento para la agricultura de la zona. Por otro lado, en algunos municipios de las regiones 1, 2 y 5; las aguas subterráneas son las principales fuentes de agua. Si bien más del 60% de los municipios del CSN cuentan con acceso potencial a una de los dos tipos de fuentes de agua mencionado, en 42 municipios el acceso a recurso hídrico es limitado.

En la región 2 se ha desarrollado una importante infraestructura para riego, pero principalmente para cultivos comerciales de gran extensión que justifican la inversión, como la caña de azúcar. Los costos de perforación y revestimiento de un pozo son altamente variables, en el rango de los 100-150 USD por metro perforado, considerando que gran parte del agua subterránea está

por debajo de los 100 m de profundidad. En adición, los costos de bombeo y energía para bombeo son prohibitivos, incluso si se tienen disponibilidad de energía eléctrica. Es evidente que el uso de agua subterránea no es un medio práctico para implementar riego en la gran mayoría de los pequeños productores en el CSN (Zegarra & Chirinos, 2016).

Otra alternativa es el bombeo de fuentes de agua superficial. Los ríos pueden ser una excelente fuente de agua para irrigación, pero se limitan a EAs próximas a este tipo de fuentes. El desarrollo de infraestructura de irrigación (bombas, canales, etc.) para amplificar el número de EAs con acceso a estas fuentes requeriría la formación de asociaciones de riego para el manejo de los sistemas, una tarea complicada y que no ha sido muy exitosa en sistemas de riego de gran escala. Asimismo, la construcción de lagunas de irrigación de gran escala presenta los mismos problemas, en adición a retos socio-ambientales como la afectación de ecosistemas locales y desplazamiento de personas.

Una alternativa menos costosa para la obtención de agua para irrigación es la cosecha de agua. El sistema propuesto se basa en la colección del exceso de precipitación in-situ en forma de escorrentía, la cual es almacenada para su posterior uso en periodos de estrés hídrico. La cosecha de agua lluvia es a menudo un sistema generado a partir de la participación de los agricultores en lo concerniente al diseño y construcción, lo que implica un mínimo riesgo ambiental. Sin embargo, incluso la construcción de pequeñas cuencas de captación requiere mucha atención en cuanto a la ubicación, la cual requiere el soporte de análisis hidrogeológicos, utilización de estudios topográficos, información de clima y suelos. El uso de tecnologías modernas de información reduce los riesgos de una mala ubicación, riesgos para el medio ambiente y producciones no sostenibles.

En el desarrollo de proyectos de cosecha de agua, la selección de sitio para la construcción de reservorio es un primer paso fundamental. Esto requiere de un arduo trabajo preliminar para asegurar una adecuada escorrentía

para llenar el reservorio, y para que una vez que esté lleno, evitar grandes pérdidas por infiltración. Especificaciones concernientes a la seguridad también son consideradas en la etapa de diseño. El siguiente paso es preparar un diseño preliminar para estimar el costo de construcción y relacionarlo con su capacidad de almacenamiento. Esta relación se traduce en un índice de eficiencia expresado como el volumen de agua ganado por volumen de suelo removido para la construcción del reservorio ( $m^3$  agua/ $m^3$  suelo removido). Para la mayoría de los cultivos un índice de eficiencia mayor a diez es deseado, aunque para cultivos hortícolas o granos básicos de alto valor se puede reducir el límite. Una vez tomada la decisión se procede a la construcción, identificando una fuente de suelo para la construcción de franjas de corte y el dique. La inadecuada atención de estos criterios incrementa los riesgos de fracaso.

Un problema frecuente es la subestimación del volumen requerido para irrigar los cultivos y mejorar el crecimiento de las pasturas, especialmente en la época seca. El agua colectada en los primeros meses de la época lluviosa puede ser usada para proveer riego suplementario durante la época lluviosa sin afectar la cantidad requerida para la época seca, ya que el reservorio estará en un estado continuo de recarga en lo que queda de la época lluviosa. La estimación de la cantidad de agua requerida en el reservorio debe considerar la evapotranspiración potencial (EtP) de los cultivos a regar durante la época deseada y las pérdidas por evaporación e infiltración en el reservorio y el transporte de agua al sistema de riego. Por ejemplo, un reservorio de 1,5 hectáreas de superficie y una profundidad media de 2 m, puede contener hasta 30,000  $m^3$  de agua para riego; lo cual es suficiente para abastecer el riego de 2 hectáreas de maíz, 1 hectárea de frijol, 0.5 hectáreas de hortalizas y 0.5 hectáreas de pastos durante la época seca. Esto considerando que las pérdidas por evaporación pueden sumar casi 6.000  $m^3$  y otros 3,000  $m^3$  por infiltración.

Los costos de construcción de un reservorio para la captura de agua para irrigación son frecuentemente un factor clave a considerar

para la transformación a agricultura de riego. Consecuentemente, es fundamental considerar la demanda de agua al momento de construir un reservorio, es decir, que el tamaño del reservorio esté en balance con las necesidades del sistema. Un reservorio que capture más agua de la requerida incrementaría los costos de irrigación. En contraste, una estructura pequeña se limita a una superficie regada de menor tamaño y cuyos rendimientos no justificarían la inversión en el reservorio. No existen reglas pre-establecidas para determinar el tamaño de un reservorio, ya que las demandas hídricas de los diferentes cultivos son altamente variables, y dependen de la duración del ciclo, época del año y tipo de irrigación a emplear. Sin embargo, existen consideraciones básicas que pueden ser utilizadas para determinar la cantidad de agua requerida, que subsecuentemente va a determinar el tamaño necesario del reservorio. Los siguientes cinco factores debe ser considerados al momento de determinar el tamaño adecuado para la construcción del reservorio.

## 1. Época del año

La demanda hídrica de los cultivos se estima utilizando fórmulas que consideran diversas variables climáticas incluidas temperatura, velocidad del viento, humedad relativa, entre otros. La fórmula clásica para estimar la necesidad hídrica es la ecuación de Penman que deriva en la EtP del cultivo. Los valores de EtP para diversos cultivos en Nicaragua estimadas por INTA varían considerablemente a lo largo del año. Por ejemplo, en la región norte de Nicaragua la EtP al inicio de la temporada seca es de aproximadamente 110 mm/mes, lo que significa que la demanda hídrica para el desarrollo del cultivo es de 1.100  $m^3$ /ha/mes. Por otro lado, la EtP al final de la época seca (mayo – abril) incrementa a casi 168 mm/mes, que equivale a 1.800  $m^3$ /ha/mes. En resumen, los cultivos requieren aproximadamente 70% más agua durante los meses de abril y mayo para mantener un crecimiento sostenido comparado con diciembre y enero. No obstante, la EtP es también el motor principal de la producción y generalmente, a mayor EtP, mayor rendimiento potencial del cultivo.

## 2. Cultivo

Para mantener el desarrollo del cultivo, la EtP es la misma una vez que este ha desarrollado. Sin embargo, existe una gran variación entre cultivos durante el desarrollo temprano y la duración del ciclo, factor a considerar al momento de construir el reservorio. Por ejemplo, la mayoría de los cultivares de frijol tienen ciclos menores a 90 días, mientras que el de la mayoría de las variedades de maíz es de 120 a 140 días. El cultivo de frijol a final de la temporada lluviosa requiere agua para solo 2 o 3 meses, un estimado de 3.000 m<sup>3</sup>/ha para todo el ciclo. Por otro lado, el cultivo de maíz bajo irrigación en la temporada seca requiere considerablemente más agua, alcanzando niveles de 5.000 a 7.000 m<sup>3</sup>/ha/ciclo; debido principalmente a la larga duración del ciclo y la alta EtP durante la época seca. Vegetales de ciclo corto como berenjenas en cambio, pueden ser cultivados con menos de 2.000 m<sup>3</sup>/ha/ciclo, ya que la maduración del cultivo tarda tan solo 60 días.

## 3. Tipo de riego

Existen numerosas formas de irrigación, incluidas las por aspersión, goteo, gravedad e inundación. El tipo de sistemas de riego a utilizar tendrá un efecto directo en el cálculo de la demanda de agua. Los sistemas de riego por goteo son altamente eficientes, pero costosos; por lo que normalmente son rentables para la producción de cultivos de alto valor comercial. Los sistemas de riego por aspersión son normalmente usados para la producción de granos, pero requiere de bombeo por presión y la cantidad de agua perdida por evapotranspiración puede ser alta. La irrigación por gravedad es apta para cultivos sembrados en hileras, pero especial atención es requerida al regar por gravedad. La irrigación por inundación es generalmente muy ineficiente en el uso de agua, pero comúnmente practicada en arroz y cultivos en plantaciones.

En resumen, la información sobre el sistema de riego a ser utilizado es útil para la estimación de la demanda hídrica, la cual determina el tamaño del reservorio a construir. Generalmente, el

riego por goteo es el sistema más eficiente, donde el 90% de la cantidad regada es utilizada por la planta; mientras que en los sistemas por gravedad y aspersión es de aproximadamente 60%, y por inundación que es el más ineficiente es de 30-40% del agua aplicada al cultivo.

## 4. Riego suplementario o completo

La irrigación suplementaria durante la época lluviosa previene grandes pérdidas en rendimiento debido a sequías periódicas e incrementa los rendimientos sustancialmente. La experiencia de CIAT-FLAR con riego suplementario con agua capturada en reservorios para arroz cultivado en tierras altas, logró incrementar los rendimientos 70%<sup>21</sup>. Este tipo de irrigación normalmente requiere pequeñas cantidades de agua, cantidad que hasta un pequeño reservorio puede proveer para superficies grandes. Esto debido a que el riego suplementario se lleva a cabo durante la época lluviosa y el reservorio se está recargando constantemente. Un reservorio pequeño de 15.000 m<sup>3</sup> puede suplir riego suplementario para aproximadamente 10 ha de maíz durante la época lluviosa, pero tiene solo suficiente agua para regar 3 ha durante la época seca.

## 5. Superficie a regar

La cosecha de agua es una tecnología muy apta para pequeños agricultores con limitaciones en superficie de tierra para cultivar. Con riego, los protagonistas pueden tener ingresos altos sembrando áreas pequeñas, comparado a sembrar mayores áreas sin irrigación. El tamaño del reservorio debe ser proporcional al tamaño de la superficie a irrigar. Existen muchas familias con tan solo 1 a 2 ha de superficie cultivable, que no requieren de reservorios de grandes dimensiones y a quienes se puede adaptar diseños

El costo de construcción de un reservorio, y por lo tanto del agua a utilizar en la irrigación es directamente proporcional a la cantidad de suelo que se requiere remover para la construcción del reservorio. Un factor que incrementa los costos

21. Para el cálculo de incremento en rendimientos con riego suplementario se utilizó la misma cifra como referencia.

de construcción en Nicaragua es el elevado costo de remoción de suelo. Normalmente, se utilizan raspadoras de cuchilla (scrappers) para la remoción de suelo, pero este equipo no está disponible en Nicaragua. Para la construcción de reservorios en el país se requiere de maquinaria para la construcción de caminos (excavadora, pala y tractor). Esto incrementa el costo de remoción de suelo. Mientras que el costo de remoción de suelo en otros países del continente como Uruguay, Brasil y Estados Unidos es de 2 - 3 USD/m<sup>3</sup>, en Nicaragua es casi el doble debido a la falta de equipo apropiado. La obtención de maquinaria apropiada es esencial para reducir los costos.

Con información disponible de la experiencia CIAT/FLAR en la construcción de tres reservorios con índice de eficiencia alto, medio y bajo (Tabla

33), se estimaron los costos de metro cúbico de agua bajo dos escenarios de costos de remoción de suelo. Con el costo promedio de extracción de suelo con la maquinaria disponible en Nicaragua de 5 USD/m<sup>3</sup>, el costo del metro cúbico de agua está entre 0,24 y 0,73 USD/m<sup>3</sup>, con un costo promedio de 0,44 USD. Al reducir el costo de remoción de suelo a 3 USD/m<sup>3</sup> con la obtención de equipo más apropiado, el costo promedio de agua para irrigación se reduce a 0,27 USD/m<sup>3</sup>. Amortizando los costos de construcción del reservorio a lo largo de 5 años, los costos de irrigación promedio son de 0,09 USD/m<sup>3</sup> de agua con el equipo disponible actualmente y de 0,05 USD/m<sup>3</sup> con equipo apropiado. Considerando una depreciación lineal para 20 años resulta en un costo de tan solo 0,013 USD/m<sup>3</sup> con equipo apropiado y 0,022 USD/m<sup>3</sup> con el equipo disponible.

**Tabla 33.** Costos promedio de irrigación para tres sitios seleccionados en el CSN bajo dos escenarios de costos de remoción de suelo.

Ubicación	Tamaño del reservorio		Índice de eficiencia	Costo de agua en función del movimiento del suelo (USD/m <sup>3</sup> )	
	Movimiento de suelo (m <sup>3</sup> )	Agua contenida (m <sup>3</sup> )		A 3 USD/m <sup>3</sup> suelo	A 5 USD/m <sup>3</sup> de suelo
Jalapa	6.346	87.463	13,8	0,22	0,35
Jalapa	2.656	18.201	6,9	0,44	0,73
Somoto	1.149	23.448	20,4	0,15	0,24
Promedio	3.384	43.037	14	0,27	0,44

De la experiencia CIAT/FLAR, los retornos por m<sup>3</sup> utilizado en irrigación del cultivo van de 0,18 - 0,44 USD/m<sup>3</sup> para maíz, 0,25 USD para arroz, 0,32 USD para maíz en grano, 0,96 USD para berenjenas y 4,10 USD para maíz blanco. Considerando una depreciación lineal de 5 años, las utilidades generadas fueron mayores que el costo por m<sup>3</sup> de agua irrigada para todos los cultivos, tanto para el peor (0,09 USD/m<sup>3</sup>), como para el mejor escenario (0,05 USD/m<sup>3</sup>). Este análisis es importante al momento de desarrollar planes de producción de finca considerando los distintos cultivos que se pueden sembrar. En los casos donde los protagonistas tienen una cantidad limitada de riego, se priorizarían

aquellos cultivos con los retornos más altos por m<sup>3</sup> de agua irrigada.

## ii. Mejorando la gestión del recurso hídrico y proveyendo oportunidades para los agricultores sin acceso a fuentes de agua.

El problema con la provisión necesaria de precipitación para la producción agropecuaria en el CSN no es la falta de precipitación, sino su distribución en el tiempo. La Figura 8 y la Figura 9 muestran la precipitación mensual para dos municipios del CSN. Se puede evidenciar que existen meses donde la precipitación excede las demandas hídricas del cultivo (definida por la

EtP) de 3 a 4 veces. En términos simples, existen meses donde existe suficiente lluvia para cubrir el equivalente de 3 a 4 meses de la demanda de agua de los cultivos. El problema es que este exceso de agua durante los periodos de lluvia no es almacenado y se pierde por escorrentía. La construcción de reservorios para almacenar este

exceso de agua y usarla en periodo de déficit es uno de los medios para reducir pérdidas en rendimiento por efectos de las sequías. Sin embargo, no todas las EAs en el CSN tienen acceso a fuentes de agua o el potencial para construir un reservorio para la cosecha de agua.

**Figura 8.** Precipitación mensual de Sébaco para un periodo de 20 años (mm).

SEBACO													
Precipitación, mm/mes													
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Octubre	Nov.	Dic.	Suma
1980	2.4	0.2	1.6	0	276.3	167.1	73.8	130.8	140.9	226.9	131.8	0.6	1152.4
1981	0	0.9	61.8	3.1	172.1	385.9	44.6	186.2	102.1	100.1	30.1	6.9	1093.8
1982	0.6	1.5	1.3	49.2	485.6	246.7	42.3	21.4	258.4	47.7	12.3	11.9	1178.9
1983	0	0.4	16.8	0.6	45.5	223.9	50.9	93.2	62.3	60.7	30.4	4.5	589.2
1984	0.7	2.8	8.5	0	12.6	104.2	87	105.6	323.9	64.9	17.3	7.1	734.6
1985	1.7	4	0	92.2	186.4	83.3	67.9	24.7	32.3	149.8	116.2	0.8	759.3
1986	1	3.2	0.3	0	254.3	100.9	80.2	50.6	70.5	27.5	9.6	0.8	598.9
1987	57	0.4	21.2	0	21.1	68.6	120.2	71.3	121.6	52.1	3	34.3	570.8
1988	2.8	0.4	8.1	34.4	82.2	223.7	63	354.1	309.7	147.2	18.2	11.1	1254.9
1989	2	3.4	0	0	44	75.6	81.3	131.7	236.9	81.8	26.8	10.3	693.8
1992	0	0	0	0	97.8	97.9	84	43.5	222.6	83.6	4.5	3.4	637.3
1993	41.9	0	0	15.9	270.7	135.8	28.6	78.6	226.5	47.7	94.8	3	943.5
1994	2.8	0.6	1.2	36.1	87.6	109.8	18.9	22	97.5	203.8	61.1	0.3	641.7
1995	0.7	0.7	78.3	112.2	92.7	256.6	54.9	278.9	149.5	191.6	1.3	1.2	1218.6
1996	0	0	2.8	9.1	86.9	50.7	251.3	200.8	102.1	226.7	148	3.2	1081.6
1997	0	0	0.8	22.5	21.8	350.8	53.5	8.6	68.1	203.6	40.9	0	770.6
1998	0	0	0	0	102.8	87.4	72.9	159.7	111.2	746.5	49.9	1.6	1332
1999	9.4	27.3	18.2	29.7	126.4	333.7	90.6	121.4	269.1	166.9	59.6	0	1252.3
2000	1.8	0	0.5	0	59.6	121.9	43.5	66	464.3	107.1	1.7	6.5	872.9
Media	6.3	2.4	11.7	21.3	133	169.7	74.2	113.1	177.3	154.5	45.1	5.7	868.9

**Figura 9.** Precipitación mensual de Malacatoya para un periodo de 20 años (mm).

Malacatoya													
Precipitación, mm/mes													
Año	Ene	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Suma
2001	0	0	0	0	191	120	130	108	265	176	5	0	995
2000	0	0	0	5	126	70	27	145	242	73	0	0	687
1999	9	0	2	13	147	59	132	134	396	24	0	0	916
1998	0	0	0	0	60	94	146	187	220	625	248	6	1586
1997	7	0	2	0	21	134	62	29	84	209	0	0	548
1996	28	0	0	0	166	102	193	107	250	371	34	0	1250
1995	0	1	31	0	84	258	154	194	187	131	25	5	1070
1994	5	2	0	51	27	32	68	55	89	202	80	2	612
1993	5	0	0	0	205	294	128	160	312	255	29	1	1389
1992	0	0	0	0	99	206	39	109	151	99	7	1	711
1991	0	0	0	8	81	25	36	37	27	128	1	15	356
1990	2	0	0	0	3	118	37	68	-	-	-	-	229
1989	3	0	0	0	36	132	91	113	100	7	14	1	495
1988	9	0	8	0	86	208	201	427	261	223	24	0	1445
1987	2	0	0	0	1	160	235	59	179	55	5	14	710
1986	1	0	0	0	106	91	75	101	140	78	4	0	595
1985	1	0	0	22	129	101	65	148	172	324	28	6	995
1984	1	6	0	5	31	205	118	230	439	140	17	11	1204
1983	1	0	0	4	0	127	46	73	272	102	47	10	682
1982	1	9	0	38	412	143	50	8	117	86	7	0	871
1981	1	0	1	3	201	225	70	172	149	102	24	7	954
1980	0	0	0	0	207	122	99	47	270	234	274	3	1256
Media	3	1	2	7	110	138	100	123	206	174	42	4	889



Según datos del CENAGRO, el 42% de las EAs de agricultura familiar no tienen ningún acceso a fuentes de agua, y se desconoce el número de aquellos que tienen acceso, pero se ven imposibilitados de usarla. En otras palabras, el riego no es una alternativa para una considerable proporción de familias productoras. No obstante, se requiere de alternativas para incrementar la productividad de estas familias, en especial para aquellos catalogados como agricultores de subsistencia. Esto puede ser posible al incrementar la cantidad de agua que puede ser retenida en el suelo. Teniendo en cuenta que, si bien esta alternativa puede incrementar sustancialmente los rendimientos, no será posible llegar a los rendimientos obtenidos con irrigación. Estas prácticas son igualmente importantes para los agricultores con acceso a irrigación, que requieren incrementar la eficiencia en el uso del agua. Si bien gran parte de los suelos del CSN son naturalmente fértiles debido a los depósitos de ceniza volcánica, el cultivo intensivo y sobrepastoreo sin una

adecuada sustitución de nutrientes ha resultado en el agotamiento de los nutrientes y materia orgánica en el suelo.

La retención de agua en el suelo ha sido extensamente estudiada alrededor del mundo, dado que gran parte de la producción de alimentos depende de la agricultura de secano. Los científicos de suelo han desarrollado procedimientos simples para estimar la retención de agua en el suelo usando la textura como referencia. La Tabla 34 por ejemplo, expresa la capacidad de retención de agua del suelo según su textura. Al trasponer esta información con datos de texturas de 315 muestras de suelo del departamento de León, se puede tener una idea de la capacidad de retención de agua para una región del CSN. El 49% de las muestras fueron clasificadas como franco-arenosas, compuesta en un 65% de arena, 14% de arcilla y 2.5% de materia orgánica. Otro 18% fueron categorizadas como arcillo-arenosas, con un 52% arena y 24% arcilla.

**Tabla 34.** Capacidad de retención hídrica según textura del suelo.

Clasificación de textura	Arena	Arcilla	PMP (1500 Kpa)	CC (33 Kpa)	Agua Disponible
<b>Arenoso</b>	<b>88</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>5</b>
Limo arenoso	80	5	5	12	7
Areno Limoso	65	8	8	18	10
<b>Limoso</b>	<b>40</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>28</b>	<b>14</b>
Limoso	20	11	11	31	20
Limoso	10	6	6	30	24
Areno arcillo limoso	60	17	17	27	10
Arcillo limoso	30	22	22	36	14
Limoso arcilloso	10	22	22	38	16
Limoso arcilloso	10	27	27	41	14
Areno arcilloso	50	25	25	36	11
<b>Arcilloso</b>	<b>25</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>42</b>	<b>12</b>

Fuente: Saxton & Rawls (2006)

La capacidad de retención de agua de los suelos franco arenosos es de aproximadamente 10%, mientras que de los arcillo-arenosos es del 11%. Una capacidad de retención del 10% implica que en los primeros 25 cm de suelo, el suelo es capaz de retener tan solo 250 m<sup>3</sup> de agua y 500 m<sup>3</sup> en

los primeros 50 cm. Considerando que la EtP en León es de 150 mm/mes, equivalente a 1.500 m<sup>3</sup>/mes, los suelos de León pueden almacenar en los primeros 50 cm de suelo agua suficiente para tan solo 10 días de desarrollo del cultivo. De la misma manera, esta baja capacidad de retención implica

que incluso con irrigación, el cultivo debe ser regado cada 10 días para evitar estrés por sequía.

El estrés por sequía es la principal causa de los bajos e inestables rendimientos a lo largo del CSN. En adición, la alta probabilidad de encontrarse condiciones de sequía es un factor influyente en la baja adopción de prácticas que mejoren la productividad, como el uso de material genético mejorado, mayor uso de fertilizante y otras prácticas que demandan inversión. La Tabla 35 es un ejemplo de la probabilidad de riesgo a sequía durante las cuatro épocas de cultivo en dos municipios del CSN. Incluso durante el ciclo de postrerón de junio a noviembre (época lluviosa), la probabilidad de sequía es de 30 a 60%. La distribución de lluvias y la limitada capacidad de retención de agua en la mayoría de los suelos del CSN es la principal causa de

estrés hídrico en todas las temporadas. Debido a la alta probabilidad de sufrir pérdidas por sequía, los productores siguen implementando una agricultura de bajo riesgo que resulta en bajos rendimientos.

Es necesario implementar prácticas que incrementen la capacidad de retención de agua de los suelos del CSN, con el fin de reducir el estrés a sequía en áreas sin acceso a irrigación. A mayor cantidad de agua retenida en el suelo, mayor cantidad de tiempo que el cultivo puede crecer entre lluvias y menor probabilidad de sufrir estrés hídrico. Adicionalmente, al incrementar la retención de agua en el suelo, se reduce la frecuencia de irrigación para satisfacer las necesidades del cultivo y por lo tanto se disminuye el consumo de agua y energía para riego.

**Tabla 35.** Precipitación anual promedio (1980 – 2001) y probabilidad de riesgo a sequía en Sébaco y Malacatoya.

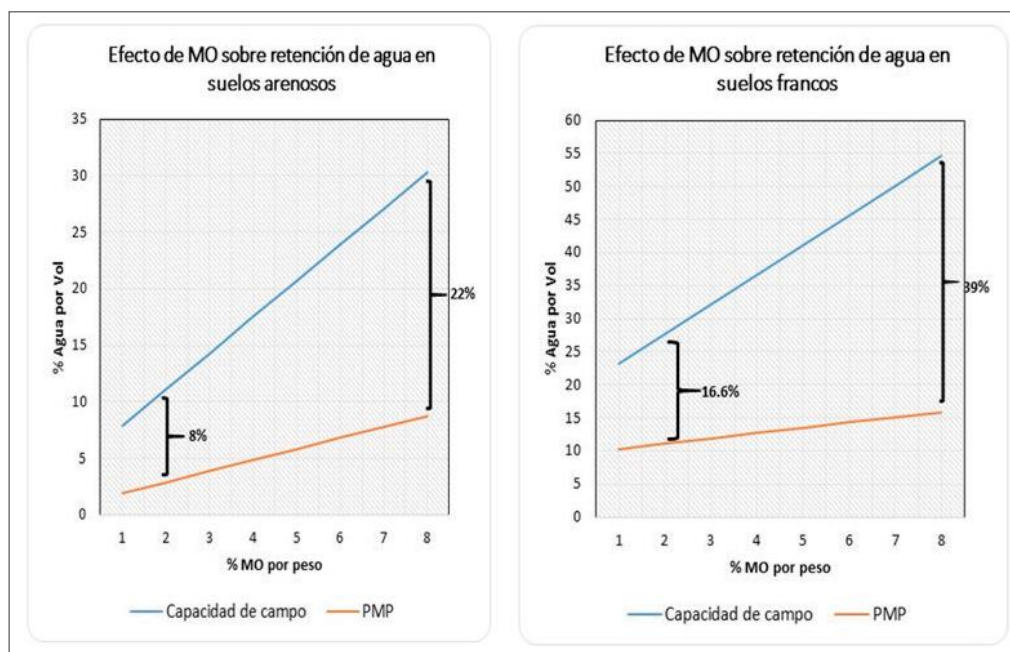
Temporada	Mes	Precipitación (mm/mes)		EtP (mm/mes)		Déficit (mm/mes)		Probabilidad de déficit	
		Sébaco	Mala	Sébaco	Mala	Sébaco	Mala	Sébaco	Mala
<b>Primera</b>	Mayo	113	110	176	164	43	46	71	65
	Junio	170	138	176	131	6	+7	63	30
	Julio	75	100	162	134	88	34	33	60
	Agosto	113	123	162	136	49	13	48	40
<b>Postrerón</b>	Junio	170	138	176	131	6	+7	63	30
	Julio	74	100	162	134	88	34	33	60
	Agosto	113	123	162	136	49	13	48	40
	Septiembre	177	206	151	124	+26	+82	19	16
<b>Postrera</b>	Octubre	155	174	144	121	+11	+53	33	26
	Agosto	113	123	162	136	49	13	48	40
	Septiembre	177	206	151	124	+26	+82	19	16
	Octubre	155	174	144	121	+11	+53	33	26
<b>Apante</b>	Noviembre	45	42	145	130	100	88	90	89
	Noviembre	45	42	145	130	100	88	90	89
	Diciembre	6	4	145	133	139	135	100	100
	Enero	6	4	153	143	147	140	100	100
	Febrero	2	1	176	154	174	153	100	100

La materia orgánica en el suelo ejerce grandes efectos en la retención de agua en el suelo. La diferencia entre la cantidad de agua retenida a Capacidad de Campo (CC) y el Punto de Marchitez Permanente (PMP) se define como la Capacidad de Retención de Agua Disponible (CRAD). La CRAD está directamente relacionada a la cantidad de materia orgánica en el suelo, ya que esta incrementa la cantidad de agua retenida a CC mucho más que a PMP. La materia orgánica incrementa la retención de agua al alterar la estructura del suelo incrementando la porosidad y subsecuentemente la infiltración de agua. El incremento en infiltración es un factor importante

ya que muchos de los suelos están compactados debido al sobrepastoreo y tienen tasas de infiltración bajas.

La Figura 10 muestra el impacto de la materia orgánica en la disponibilidad de agua en dos tipos de suelos, aquellos con menos de 2.5% de materia orgánica y suelos con más de 2.5% de materia orgánica. Usando este ejemplo para los suelos de León, un incremento al 3% de contenido de materia orgánica en el suelo resultaría en la retención de más de 1,000 m<sup>3</sup> en los primeros 50 cm de suelo, el doble de la capacidad actual de 500 m<sup>3</sup>.

**Figura 10.** Efecto de la materia orgánica en la capacidad de retención de agua de los suelos con menos de 2.5% de materia orgánica (arenosos) y suelos más pesados con más del 2.5% de materia orgánica (francos).



Fuente: Huntingtonv (2007)

Incrementar la cantidad de materia orgánica en el suelo no es sencillo. Un incremento del 1% en los primeros 50 cm de suelo requiere alrededor de 50 t/ha de materia orgánica y casi 20t/ha para incrementar en los primeros 20 cm de suelo. No obstante, la incorporación de pequeñas cantidades a lo largo del tiempo es factible y puede resultar en incrementos significativos en la productividad.

Entre las fuentes de materia orgánica están los residuos de maíz, cultivos de cobertura y pasturas. Por ejemplo, INTA actualmente cuenta con forrajes con alta capacidad de producción de materia orgánica que podrían ser diseminados en el CSN. La implementación de sistemas de rotación de estos forrajes perennes con cultivos anuales de granos básicos es una alternativa que

puede mejorar la capacidad de retención de los suelos.

En adición a los ya mencionados, existen varios mecanismos que pueden contribuir a reducir las pérdidas de rendimientos por sequía. Los métodos de labranza cero y labranza reducida son conocidos por incrementar la capacidad de retención de agua en el suelo y la reducción de pérdidas de suelo por escorrentía, además de ser un procedimiento necesario para el incremento de la materia orgánica en el suelo. El uso de material genético con tolerancia a estrés hídrico también es necesario. INTA tiene una larga historia de colaboración con centros de investigación internacional enfocados en la identificación de material con tolerancia a deficiencias hídricas. INTA ha trabajado en la validación y difusión de pastos con tolerancia a estrés hídrico desarrollados por CIAT y ha recibido germoplasma de maíz de CIMMYT con la misma calidad. Finalmente, la implementación de prácticas culturales como la rotación de cultivos es conocida por llegar a incrementar los rendimientos en hasta 20%.

Actualmente la adopción de estas prácticas es bastante limitada a lo largo del CSN. Por ejemplo, menos de 12% de las EAs de agricultura familiar del CSN reportaron usar variedades mejoradas y tan solo el 14% de las EAs estaban implementando rotación de cultivos, 9% labranza cero y 2% cultivos de cobertura. Es esencial ensamblar las tecnologías disponibles en los sistemas de producción del CSN y demostrar a los protagonistas los beneficios de adoptar estas tecnologías. INTA cuenta con una agenda institucional enfocada en encontrar soluciones a una gran parte de los problemas asociados a las pérdidas en productividad agropecuaria por estrés hídrico. La estructura organizacional de INTA permite la validación de tecnologías en el campo bajo los distintos sistemas de producción a través de las FIIT. Un análisis cuidadoso es necesario para identificar las áreas en la agenda de investigación y en la validación de tecnologías que requieren de asistencia adicional y recursos financieros. Esta no es la mayor tarea, pero debe ser el primer paso a considerar en futuras intervenciones.

## 6. RESULTADOS DEL ANÁLISIS ECONÓMICO – FINANCIERO

**Tabla 36.** Flujo de inversión para una unidad de agricultura familiar de subsistencia sin GIRH (USD).

Variables	Inversión	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
<b>Inversión inicial</b>	0										aV
<b>Costos</b>		788	788	788	788	788	788	788	788	788	788
<b>Ingresos por venta</b>		940	940	940	940	940	940	940	940	940	940
<b>Utilidad neta</b>		<b>152</b>	<b>152</b>	<b>152</b>	<b>152</b>	<b>152</b>	<b>152</b>	<b>152</b>	<b>152</b>	<b>152</b>	<b>152</b>
<b>Flujo de efectivo</b>	0	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152
<b>Flujo de efectivo acumulado</b>	0	<b>152</b>	<b>305</b>	<b>457</b>	<b>610</b>	<b>762</b>	<b>915</b>	<b>1.067</b>	<b>1.220</b>	<b>1.372</b>	<b>1.524</b>
<b>Valor Actual Neto</b>	4983										

**Tabla 37.** Flujo de inversión para una unidad de agricultura familiar de subsistencia con GIRH (USD).

Variables	Inversión	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
<b>Inversión inicial</b>	0										
<b>Costos</b>		2.326	2.326	2.326	2.326	2.326	2.326	2.326	2.326	2.326	2.326
<b>Ingresos por venta</b>		2.608	2.608	2.608	2.608	2.608	2.608	2.608	2.608	2.608	2.608
<b>Utilidad neta</b>		<b>282</b>	<b>282</b>	<b>282</b>	<b>282</b>	<b>282</b>	<b>282</b>	<b>282</b>	<b>282</b>	<b>282</b>	<b>282</b>
<b>Flujo de efectivo</b>	0	282	282	282	282	282	282	282	282	282	282
<b>Flujo de efectivo acumulado</b>	0	<b>282</b>	<b>564</b>	<b>846</b>	<b>1.128</b>	<b>1.410</b>	<b>1.692</b>	<b>1.974</b>	<b>2.256</b>	<b>2.538</b>	<b>2.820</b>
<b>Valor Actual Neto</b>	9.219										
<b>Beneficio-costo</b>	<b>1,12</b>										

**Tabla 38.** Flujo de inversión para una unidad de agricultura familiar de subsistencia sin GIRH considerando un incremento inflacionario en los costos del 5.4% y en los precios de venta del 3% (USD).

Variables	Inversión	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
<b>Inversión inicial</b>	0										
<b>Costos</b>		788	830	874	921	971	1023	1078	1136	1197	1261
<b>Ingresos por venta</b>		940	968	997	1.027	1.058	1.090	1.122	1.156	1.191	1.227
<b>Utilidad neta</b>		<b>152</b>	<b>138</b>	<b>123</b>	<b>106</b>	<b>87</b>	<b>67</b>	<b>45</b>	<b>20</b>	<b>-6</b>	<b>-34</b>
<b>Flujo de efectivo</b>	0	152	138	123	106	87	67	45	20	-6	-34
<b>Flujo de efectivo acumulado</b>	0	<b>152</b>	<b>291</b>	<b>414</b>	<b>520</b>	<b>607</b>	<b>674</b>	<b>718</b>	<b>739</b>	<b>733</b>	<b>698</b>
<b>Valor Actual Neto</b>	3.446										
<b>Beneficio-costo</b>	<b>1,08</b>										

**Tabla 39.** Flujo de inversión para una unidad de agricultura familiar de subsistencia con GIRH considerando un incremento inflacionario en los costos del 5.4% y en los precios de venta del 3% (USD).

Variables	Inversión	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
<b>Inversión inicial</b>	0										
<b>Costos</b>		2.326	2.451	2.582	2.721	2.867	3.021	3.183	3.354	3.534	3.724
<b>Ingresos por venta</b>		2.608	2.686	2.767	2.850	2.935	3.023	3114	3.207	3.304	3.403
<b>Utilidad neta</b>		<b>282</b>	<b>235</b>	<b>184</b>	<b>129</b>	<b>68</b>	<b>2</b>	<b>-69</b>	<b>-146</b>	<b>-230</b>	<b>-321</b>
<b>Flujo de efectivo</b>	0	282	235	184	129	68	2	-69	-146	-230	-321
<b>Flujo de efectivo acumulado</b>	0	<b>282</b>	<b>517</b>	<b>702</b>	<b>831</b>	<b>899</b>	<b>901</b>	<b>832</b>	<b>686</b>	<b>456</b>	<b>135</b>
<b>Valor Actual Neto</b>	4.199										
<b>Beneficio-costo</b>	<b>1.02</b>										

**Tabla 40.** Flujo de inversión para una unidad de agricultura familiar de transición sin GIRH (USD).

Variables	Inversión	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
<b>Inversión inicial</b>	0										
<b>Costos</b>		5.048	5.048	5.048	5.048	5.048	5048	5.048	5.048	5.048	5.048
<b>Ingresos por venta</b>		5.274	5.274	5.274	5.274	5.274	5274	5.274	5.274	5.274	5.274
<b>Utilidad neta</b>		<b>226</b>	<b>226</b>	<b>226</b>	<b>226</b>	<b>226</b>	<b>226</b>	<b>226</b>	<b>226</b>	<b>226</b>	<b>226</b>
<b>Flujo de efectivo</b>	0	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226
<b>Flujo de efectivo acumulado</b>	0	<b>226</b>	<b>452</b>	<b>678</b>	<b>904</b>	<b>1.129</b>	<b>1.355</b>	<b>1.581</b>	<b>1.807</b>	<b>2.033</b>	<b>2.259</b>
<b>Valor Actual Neto</b>	7.384										
<b>Beneficio-costo</b>	<b>1,04</b>										

**Tabla 41.** Flujo de inversión para una unidad de agricultura familiar de transición con GIRH (USD).

Variables	Inversión	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
<b>Inversión inicial</b>	-12742										
<b>Costos</b>		<b>13.747</b>	<b>13.747</b>	<b>13.747</b>	<b>13.747</b>	<b>13.747</b>	<b>17.485</b>	<b>13.747</b>	<b>13.747</b>	<b>13.747</b>	<b>13.747</b>
<b>Costos de producción</b>		12.192	12.192	12.192	12.192	12.192	12.192	12.192	12.192	12.192	12.192
<b>Renovación del sistema de irrigación</b>							3.739				
<b>Depreciación</b>		1.555	1.555	1.555	1.555	1.555	1.555	1.555	1.555	1.555	1.555
<b>Ingresos por venta</b>		19.908	19.908	19.908	19.908	19.908	19.908	19.908	19.908	19.908	19.908
<b>Utilidad neta</b>		<b>6.161</b>	<b>6.161</b>	<b>6.161</b>	<b>6.161</b>	<b>6.161</b>	<b>2.423</b>	<b>6.161</b>	<b>6.161</b>	<b>6.161</b>	<b>6.161</b>
<b>Flujo de efectivo</b>	<b>-12.742</b>	<b>6.161</b>	<b>6.161</b>	<b>6.161</b>	<b>6.161</b>	<b>6.161</b>	<b>2.423</b>	<b>6.161</b>	<b>6.161</b>	<b>6.161</b>	<b>6.161</b>
<b>Flujo de efectivo acumulado</b>	<b>-12.742</b>	<b>-6.581</b>	<b>-420</b>	<b>5.742</b>	<b>11.903</b>	<b>18.064</b>	<b>20.487</b>	<b>26.648</b>	<b>32.809</b>	<b>38.971</b>	<b>45.132</b>
<b>VAN</b>	<b>92,990</b>										
<b>Valor Actual Neto</b>	<b>46%</b>										
<b>Periodo de retorno</b>	<b>3</b>										
<b>Beneficio-costo</b>	<b>1,24</b>										

**Tabla 42.** Flujo de inversión para una unidad de agricultura familiar de transición sin GIRH considerando un incremento inflacionario en los costos del 5.4% y en los precios de venta del 3% (USD).

Variables	Inversión	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
<b>Inversión inicial</b>	0										
<b>Costos</b>		5.048	5.319	5.605	5.905	6.222	6.556	6.908	7.279	7.670	8.082
<b>Ingresos por venta</b>		5.274	5.432	5.595	5.763	5.936	6.114	6.297	6.486	6.681	6.881
<b>Utilidad neta</b>		<b>226</b>	<b>113</b>	<b>-9</b>	<b>-142</b>	<b>-287</b>	<b>-442</b>	<b>-611</b>	<b>-793</b>	<b>-989</b>	<b>-1.200</b>
<b>Flujo de efectivo</b>		226	113	-9	-142	-287	-442	-611	-793	-989	-1.200
<b>Flujo de efectivo acumulado</b>		<b>226</b>	<b>339</b>	<b>330</b>	<b>187</b>	<b>-99</b>	<b>-542</b>	<b>-1.153</b>	<b>-1.946</b>	<b>-2.935</b>	<b>-4.135</b>
<b>Valor Actual Neto</b>	4,617										
<b>Beneficio-costo</b>	<b>0,95</b>										

**Tabla 43.** Flujo de inversión para una unidad de agricultura familiar de transición con GIRH considerando un incremento inflacionario en los costos del 5.4% y en los precios de venta del 3% (USD).

Variables	Inversión	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
<b>Inversión inicial</b>	-12.742										
<b>Costos</b>		<b>13.747</b>	<b>14.401</b>	<b>15.091</b>	<b>15.817</b>	<b>16.583</b>	<b>21.128</b>	<b>18.239</b>	<b>19.135</b>	<b>20.079</b>	<b>21.073</b>
<b>Costos de producción</b>		12.192	12.846	13.536	14.263	15.028	15.835	16.685	17.580	18.524	19.519
<b>Renovación riego</b>							3.739				
<b>Depreciación</b>		1.555	1555	1.555	1.555	1.555	1.555	1.555	1.555	1.555	1.555
<b>Ingresos por venta</b>		19.908	20.505	21.120	21.754	22.407	23.079	23.771	24.484	25.219	25.975
<b>Utilidad neta</b>		<b>6.161</b>	<b>6.104</b>	<b>6.030</b>	<b>5.937</b>	<b>5.824</b>	<b>1.950</b>	<b>5.532</b>	<b>5.349</b>	<b>5.140</b>	<b>4.902</b>
<b>Flujo de efectivo</b>	<b>-12.742</b>	6.161	6.104	6.030	5.937	5.824	1.950	5.532	5.349	5.140	4.902
<b>Flujo acumulado</b>	-12.742	<b>-6.581</b>	<b>-477</b>	<b>5.553</b>	<b>11.489</b>	<b>17.313</b>	<b>19.264</b>	<b>24.795</b>	<b>30.144</b>	<b>35.284</b>	<b>40.186</b>
<b>Valor Actual Neto</b>	84.550										
<b>TIR</b>	<b>44%</b>										
<b>Periodo de retorno</b>	<b>2</b>										
<b>Beneficio-costo</b>	<b>1,19</b>										

**Tabla 44.** Flujo de inversión para una unidad de agricultura familiar de transición con GIRH considerando el pago de un bono de agua (USD).

Variables	Inversión	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
<b>Inversión inicial</b>	-12.742										
<b>Bono de agua</b>	555										
<b>Inversión inicial después del bono</b>	-12.188										
<b>Costos</b>		<b>13.747</b>	<b>13.747</b>	<b>13.747</b>	<b>13.747</b>	<b>13.747</b>	<b>17.485</b>	<b>13.747</b>	<b>13.747</b>	<b>13.747</b>	<b>13.747</b>
<b>Costos de producción</b>		12.192	12.192	12.192	12.192	12.192	12.192	12.192	12.192	12.192	12.192
<b>Renovación de irrigación</b>						3.739					
<b>Depreciación</b>		<b>1.555</b>	<b>1.555</b>	<b>1.555</b>	<b>1.555</b>	<b>1.555</b>	<b>1.555</b>	<b>1.555</b>	<b>1.555</b>	<b>1.555</b>	<b>1.555</b>
<b>Ingresos por venta</b>		19.908	19.908	19.908	19.908	19.908	19.908	19.908	19.908	19.908	19.908
<b>Utilidad neta</b>		<b>6.161</b>	<b>6.161</b>	<b>6.161</b>	<b>6.161</b>	<b>6.161</b>	<b>2.423</b>	<b>6.161</b>	<b>6.161</b>	<b>6.161</b>	<b>6.161</b>
<b>Flujo de efectivo</b>	<b>-12.188</b>	6.161	6.161	6.161	6.161	6.161	2.423	6.161	6.161	6.161	6.161
<b>Flujo acumulado</b>	<b>-12.188</b>	<b>-6.026</b>	<b>135</b>	<b>6.296</b>	<b>12.458</b>	<b>18.619</b>	<b>21.042</b>	<b>27.203</b>	<b>33.364</b>	<b>39.525</b>	<b>45.687</b>
<b>Valor Actual Neto</b>	97.267										
<b>TIR</b>	<b>48%</b>										
<b>Periodo de retorno</b>	<b>2</b>										
<b>Beneficio-costo</b>	<b>1.62</b>										



**Tabla 45.** Flujo de inversión para una unidad de agricultura familiar comercial sin GIRH (USD).

Variables	Inversión	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
<b>Inversión inicial</b>	0										
<b>Costos</b>		27.381	27.381	27.381	27.381	27.381	27.381	27.381	27.381	27.381	27.381
<b>Ingresos por venta</b>		27.550	27.550	27.550	27.550	27.550	27.550	27.550	27.550	27.550	27.550
<b>Utilidad neta</b>		<b>169</b>	<b>169</b>	<b>169</b>	<b>169</b>	<b>169</b>	<b>169</b>	<b>169</b>	<b>169</b>	<b>169</b>	<b>169</b>
<b>Flujo de efectivo</b>	0	169	169	169	169	169	169	169	169	169	169
<b>Flujo acumulado</b>	<b>0</b>	<b>169</b>	<b>338</b>	<b>507</b>	<b>675</b>	<b>844</b>	<b>1.013</b>	<b>1.182</b>	<b>1.351</b>	<b>1.520</b>	<b>1.689</b>
<b>Valor Actual Neto</b>	5.520										
<b>Relación beneficio-costo</b>	<b>1,01</b>										

**Tabla 46.** Flujo de inversión para una unidad de agricultura familiar comercial con GIRH (USD).

Variables	Inversión	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
<b>Inversión inicial</b>	-59.442										
<b>Costos</b>		<b>19.345</b>	<b>19.345</b>	<b>19.345</b>	<b>19.345</b>	<b>19.345</b>	<b>35.461</b>	<b>19.345</b>	<b>19.345</b>	<b>19.345</b>	<b>19.345</b>
<b>Costos de producción</b>		12.192	12.192	12.192	12.192	12.192	12.192	12.192	12.192	12.192	12.192
<b>Sistema riego</b>						16.116					169
<b>Depreciación</b>		7.153	7.153	7.153	7.153	7.153	7.153	7.153	7.153	7.153	7.153
<b>Ingresos</b>		<b>113.023</b>	<b>113.023</b>	<b>113.023</b>	<b>113.023</b>	<b>113.023</b>	<b>113.023</b>	<b>113.023</b>	<b>113.023</b>	<b>113.023</b>	<b>113.023</b>
<b>Utilidad neta</b>		<b>93.678</b>	<b>93.678</b>	<b>93.678</b>	<b>93.678</b>	<b>93.678</b>	<b>77.562</b>	<b>93.678</b>	<b>93.678</b>	<b>93.678</b>	<b>93.678</b>
<b>Flujo de efectivo</b>	<b>-59.442</b>	93.678	93.678	93.678	93.678	93.678	77.562	93.678	93.678	93.678	93.678
<b>Flujo acumulado</b>	-59.442	<b>34.236</b>	<b>127.914</b>	<b>221.592</b>	<b>315.270</b>	<b>408.948</b>	<b>486.510</b>	<b>580.188</b>	<b>673.866</b>	<b>767.545</b>	<b>861.223</b>
<b>VAN</b>	<b>2.559.950</b>										
<b>TIR</b>	<b>157%</b>										
<b>PRI</b>	<b>1</b>										
<b>Beneficio-costo</b>	<b>3,80</b>										

**Tabla 47.** Flujo de inversión para una unidad de agricultura familiar de comercial sin GIRH considerando un incremento inflacionario en los costos del 5.4% y en los precios de venta del 3% (USD).

Variables	Inversión	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
<b>Inversión inicial</b>	<b>0</b>										
<b>Costos</b>		<b>27.381</b>	<b>28.851</b>	<b>30.400</b>	<b>32.032</b>	<b>33.751</b>	<b>35.563</b>	<b>37.472</b>	<b>39.483</b>	<b>41.603</b>	<b>43.836</b>
<b>Ingresos por venta</b>		27.550	28.377	29.228	30.105	31.008	31.938	32.896	33.883	34.900	35.947
<b>Utilidad neta</b>		<b>169</b>	<b>-474</b>	<b>-1.172</b>	<b>-1.927</b>	<b>-2.743</b>	<b>-3.625</b>	<b>-4.575</b>	<b>-5.600</b>	<b>-6.703</b>	<b>-7.889</b>
<b>Flujo de efectivo</b>	0	169	-474	-1.172	-1.927	-2.743	-3.625	-4.575	-5.600	-6.703	-7.889
<b>Flujo acumulado</b>	0	<b>169</b>	<b>-306</b>	<b>-1477</b>	<b>-3.404</b>	<b>-6.147</b>	<b>-9.772</b>	<b>-14.347</b>	<b>-19.947</b>	<b>-26.650</b>	<b>-34.539</b>
<b>VAN</b>	-62.600										
<b>TIR</b>	<b>NA</b>										
<b>PRI</b>	<b>NA</b>										
<b>Beneficio-costo</b>	<b>0,91</b>										

**Tabla 48.** Flujo de inversión para una unidad de agricultura familiar comercial con GIRH considerando un incremento inflacionario en los costos del 5.4% y en los precios de venta del 3% (USD).

Variables	Inversión	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
<b>Inversión inicial</b>	-59.442										
<b>Costos</b>		<b>19.345</b>	<b>19.999</b>	<b>20.689</b>	<b>21.415</b>	<b>22.181</b>	<b>39.103</b>	<b>23.838</b>	<b>24.733</b>	<b>25.677</b>	<b>26.671</b>
<b>Costos de producción</b>		12.192	12.846	13.536	14.263	15.028	15.835	16.685	17.580	18.524	19.519
<b>Renovación sistema riego</b>						16.116					169
<b>Depreciación</b>		7.153	7.153	7.153	7.153	7.153	7.153	7.153	7.153	7.153	7.153
<b>Ingresos por venta</b>		<b>113.023</b>	<b>116.414</b>	<b>119.906</b>	<b>123.503</b>	<b>127.208</b>	<b>131.024</b>	<b>134.955</b>	<b>139.004</b>	<b>143.174</b>	<b>147.469</b>
<b>Utilidad neta</b>		<b>93.678</b>	<b>96.414</b>	<b>99.217</b>	<b>102.088</b>	<b>105.027</b>	<b>91.921</b>	<b>111.118</b>	<b>114.271</b>	<b>117.497</b>	<b>120.798</b>
<b>Flujo de efectivo</b>	<b>-59.442</b>	93.678	96.414	99.217	102.088	105.027	91.921	111.118	114.271	117.497	120.798
<b>Flujo de efectivo acumulado</b>	-59.442	<b>34.236</b>	<b>130.650</b>	<b>229.867</b>	<b>331.955</b>	<b>436.982</b>	<b>528.903</b>	<b>640.021</b>	<b>754.291</b>	<b>871.788</b>	<b>992.586</b>
<b>VAN</b>	<b>2.818.280</b>										
<b>TIR</b>	<b>160%</b>										
<b>PRI</b>	<b>1</b>										
<b>Beneficio-costo</b>	<b>3,90</b>										

**Tabla 49.** Flujo de inversión para una unidad de agricultura familiar comercial con GIRH considerando el pago de un bono de agua (USD).

Variables	Inversión	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
<b>Inversión inicial</b>	-59.442										
<b>Bono de agua</b>	555										
<b>Inversión después bono</b>	-58.887										
<b>Costos</b>		19.345	19.999	20.689	21.415	22.181	39.103	23.838	24.733	25.677	26.671
<b>Costos de producción</b>		12.192	12.846	13.536	14.263	15.028	15.835	16.685	17.580	18.524	19.519
<b>Renovación sistema riego</b>						<b>16.116</b>					
<b>Depreciación</b>		<b>7.153</b>	<b>7.153</b>	<b>7.153</b>	<b>7.153</b>	<b>7.153</b>	<b>7.153</b>	<b>7.153</b>	<b>7.153</b>	<b>7.153</b>	<b>7.153</b>
<b>Ingresos por venta</b>		113.023	116.414	119.906	123.503	127.208	131.024	134.955	139.004	143.174	147.469
<b>Utilidad neta</b>		<b>93.678</b>	<b>96.414</b>	<b>99.217</b>	<b>102.088</b>	<b>105.027</b>	<b>91.921</b>	<b>111.118</b>	<b>114.271</b>	<b>117.497</b>	<b>120.798</b>
<b>Flujo de efectivo</b>	<b>-58.887</b>	93.678	96.414	99.217	102.088	105.027	91.921	111.118	114.271	117.497	120.798
<b>Flujo de efectivo acumulado</b>	-58.887	<b>34.791</b>	<b>131.205</b>	<b>230.422</b>	<b>332.510</b>	<b>437.537</b>	<b>529.458</b>	<b>640.575</b>	<b>754.846</b>	<b>872.343</b>	<b>99.3141</b>
<b>Valor Actual Neto</b>	2.822.558										
<b>TIR</b>	<b>162%</b>										
<b>PRI</b>	<b>1</b>										
<b>Beneficio-costo</b>	<b>3,91</b>										

## **ANEXO 6. ANÁLISIS TÉCNICO – ECONÓMICO – FINANCIERO DE MODELOS DIVERSIFICADOS DE PRODUCCIÓN**

### **Análisis técnico**

Como parte de la estrategia para la GIRH, se plantea apalancar nuevos esfuerzos del INTA para la investigación y popularización de especies promisorias en las diferentes zonas agroecológicas del CSN. Para lograr este objetivo, se plantea la formulación y promoción de Planes de Diversificación Productiva (PDP); que, además de mejorar la diversidad de las dietas locales y el autoconsumo, faciliten el acceso a mercados de alto valor para aumentar el ingreso y la calidad de vida de las familias protagonistas. Estos PDP promueven la incorporación de nuevos cultivos o sistemas de cultivo a la producción agropecuaria de la agricultura familiar, teniendo en cuenta diferentes grados de rentabilidad y oportunidades complementarias de mercado.

El fin de involucrar una mayor cantidad especies en un área determinada, tiene el objetivo de impulsar actividades innovadoras de producción y transformación que disminuyan el riesgo económico y aumenten el ingreso familiar. Para formular los PDP, se debe comenzar por generar conciencia y conocimiento sobre los principales beneficios de estos planes con los productores, personal técnico y tomadores de decisiones. Posteriormente, se deben concentrar los esfuerzos del personal técnico en la preparación e implementación de parcelas piloto en las FIITs, en donde se deben conducir estudios de factibilidad que provean conocimientos y experiencia sobre los aspectos más relevantes de los diferentes modelos de diversificación.

A la diversificación se le ha otorgado una alta prioridad en los planes nacionales de desarrollo dada su efectividad para incrementar los ingresos a nivel de finca. El INTA como institución encargada de actividades de investigación y transferencia de tecnología ha promovido históricamente la diversificación en diferentes localidades del

corredor seco con niveles variables de esfuerzo y logística. Dicha promoción incluye el suministro de semillas, provisión de asesoramiento técnico, apoyo en cuanto a mercadeo, almacenamiento y usos alternos; además de servicios de asesoría en infraestructura y maquinaria para el procesamiento (INTA, 2017).. La idea para fortalecer las capacidades institucionales, es trabajar con diferentes grupos de personas (gremios, agricultores, asociaciones, instituciones públicas, empresa privada, cooperación internacional, centros de investigación) para desarrollar planes de diversificación ligados a micro-riego a gran escala, que se complementen con los modelos agroindustriales existentes y generen nuevas oportunidades para el emprendimiento y la microempresa rural.

La estrategia de GIRH en el CSN propone no limitar los planes de diversificación al autoconsumo, sino hacia los mercados. El mercado tiene una fuerte influencia sobre la adopción de los planes de diversificación, ya que para muchos agricultores la generación de ingresos es el factor primordial al momento de tomar decisiones que vayan a cambiar la matriz productiva de su finca. Ante esta realidad, es primordial aumentar las capacidades del INTA para proveer información de mercados a los agricultores y desarrollar planes de negocio que incluyan estrategias de mercadeo para los diferentes canales de comercialización.

La diversificación de la matriz productiva es específica a cada contexto y depende de una serie de factores que deben ser investigados más a detalle. No obstante, se proponen nueve parámetros que deberían considerarse al momento de armar los PDP para la agricultura familiar del CSN:

1. Aumentar el nivel de ingreso de los productores.
2. Adquirir la autosuficiencia alimentaria.
3. Proveer materias primas a la agroindustria.

4. Optimizar el uso del agua.
5. Generar nuevas alternativas de empleo.
6. Incrementar la productividad.
7. Lograr una dieta familiar balanceada y mejorar los niveles de nutrición.
8. Maximizar el uso del suelo.
9. Mejorar fertilidad del suelo.

### **Análisis económico-financiero**

Los ocho modelos analizados para las tres escalas de productor son rentables según los parámetros considerados en el análisis, tanto en para los modelos planteados sin supuestos (Tabla 50, Tabla 51 y Tabla 52), como los planteados considerando el supuesto económico de incremento del 5.4% en los costos de producción y del 3% en el precio de venta de los productos (Tabla 53, Tabla 54 y Tabla 55). Esto se debe a que en el análisis se consideraron los rendimientos potenciales bajo condiciones adecuadas de manejo tecnificado. Esto se suma a los elevados márgenes de rentabilidad de los productos evaluados. En el capítulo 2, se consideraron los modelos tradicionales de producción con gran básicos y pequeñas áreas de producción hortícola. En este caso, se diversificó la matriz productiva añadiendo la producción de hortalizas de alto valor en el mercado y producción animal.

Estos resultados ponen en evidencia dos aspectos fundamentales a ser considerados en futuras intervenciones. Primero está la importancia de diversificar la matriz productiva. Si bien los modelos tradicionales de producción tienen un fuerte arraigo a las tradiciones y no dejan de ser relevantes para la seguridad alimentaria de los protagonistas; para mejorar el nivel de ingreso de las familias productoras es necesario reformular los actuales sistemas de producción. Un segundo

aspecto a resaltar es la importancia de implementar un manejo tecnificado e integrado de los cultivos. Como se mencionó anteriormente, estos resultados reflejan la realidad bajo condiciones en las que se alcanza un rendimiento óptimo del cultivo. Los rendimientos promedio de las EAs de agricultura familiar en el CSN están muy lejos de los rendimientos planteados, pero es justamente esto lo que se quiere enfatizar.

Mediante la GIRH y un manejo tecnificado e integrado de los cultivos, no solo se cierran las brechas de rendimiento en la producción, sino también se reduce el riesgo. El riesgo es el principal factor limitante para los productores de agricultura familiar en el CSN al momento de tomar decisiones para diversificar la productividad. Es necesario resaltar que el presente análisis tiene como objetivo identificar potenciales modelos de producción diversificados en función de su rentabilidad bajo condiciones ideales de producción. Hay que tener en mente que existe otra serie de factores que vayan a influir esta decisión; por lo que no hay que limitar las decisiones a los ocho modelos planteados.

El presente análisis sirve como evidencia de la factibilidad e importancia de implementar sistemas de producción diversificados y con una GIRH para la mejora de la productividad y del bienestar de las familias protagonistas en general. También sirve como base para el análisis de futuros modelos de negocio que se vayan a implementar. No obstante, es necesario tener en cuenta que los presentes modelos fueron construidos en función de fuentes de información secundaria, teniendo en cuenta diversos supuestos debido a la falta de datos detallados y actualizados que se adecúen a los sistemas propuestos. Esto implica la necesidad de trabajar en la recolección y generación de datos de costos de producción y rendimientos de los distintos sistemas de producción en el CSN; con el fin de tener ajustar los modelos de negocio.

**Tabla 50.** Resultado del análisis económico-financiero para la diversificación de la productividad para agricultores familiares de subsistencia.

Modelo	Costos (USD)	Ingresos (USD)	Utilidad (USD)	Valor Actual Neto (USD)	Beneficio-costo	Rentabilidad
<b>Modelo 1</b>	1.088	3.945	2.857	93.400	3,6	263%
<b>Modelo 2</b>	711	1.601	890	29.089	2,3	125%
<b>Modelo 3</b>	1.781	7.276	5.496	179.641	4,1	309%
<b>Modelo 4</b>	4.370	10.002	5.632	184.078	2,3	129%
<b>Modelo 5</b>	948	2.623	1.675	54.751	2,8	177%
<b>Modelo 6</b>	3.727	11.277	7.550	246.776	3,0	203%
<b>Modelo 7</b>	3.727	11.277	7.550	246.776	3,0	203%
<b>Modelo 8</b>	2.141	6.141	4.000	130.764	2,9	187%

**Tabla 51.** Resultado del análisis económico-financiero para la diversificación de la productividad para agricultores familiares de transición.

Modelo	Costos (USD)	Ingresos (USD)	Utilidad (USD)	Valor Actual Neto (USD)	Beneficio-costo	Rentabilidad
<b>Modelo 1</b>	9.236	24.687	15.451	505.035	2,7	167%
<b>Modelo 2</b>	4.468	9.833	5.366	175.383	2,2	120%
<b>Modelo 3</b>	12.405	60.019	47.614	1.556.354	4,8	384%
<b>Modelo 4</b>	39.095	91.396	52.301	1.709.557	2,3	134%
<b>Modelo 5</b>	6.835	22.414	155.79	509.214	3,3	228%
<b>Modelo 6</b>	25.309	71.939	46.630	1.524.183	2,8	184%
<b>Modelo 7</b>	26.334	78728	52394	1.712.591	3,0	199%
<b>Modelo 8</b>	12.477	33.296	20.819	680.504	2,7	167%

**Tabla 52.** Resultado del análisis económico-financiero para la diversificación de la productividad para agricultores familiares comerciales.

Modelo	Costos (USD)	Ingresos (USD)	Utilidad (USD)	Valor Actual Neto (USD)	Beneficio-costo	Rentabilidad
<b>Modelo 1</b>	42.196	151.672	109.476	3.578.437	3,6	259%
<b>Modelo 2</b>	17.469	41.810	24.341	795.628	2.4	139%
<b>Modelo 3</b>	56.105	263.098	206.992	6.765.934	4,7	369%
<b>Modelo 4</b>	149.596	346.924	197.328	6.450.042	2.3	132%
<b>Modelo 5</b>	30.592	110.499	79.908	2.611.939	3,6	261%
<b>Modelo 6</b>	135.947	410.854	274.907	8.985.865	3,0	202%
<b>Modelo 7</b>	141.173	445.477	304.304	9.946.747	3,2	216%
<b>Modelo 8</b>	58.003	173.797	115.793	3.784.917	3,0	200%

**Tabla 53.** Resultado del análisis económico-financiero para la diversificación de la productividad para agricultores familiares de subsistencia.

Modelo	Costos (USD)	Ingresos (USD)	Utilidad (USD)	Valor Actual Neto (USD)	Beneficio-costo	Rentabilidad
Modelo 1	37.157	127.834	90.676	2.963.922	3,4	244%
Modelo 2	24.287	51.876	27.589	901.795	2,1	114%
Modelo 3	60.806	235.755	174.949	5.718.536	3,9	288%
Modelo 4	149.249	324.065	174.816	5.714.196	2,2	117%
Modelo 5	32.377	84.989	52.612	1.719.724	2,6	162%
Modelo 6	127.289	365.378	238.089	7.782.378	2,9	187%
Modelo 7	127.289	365.378	238.089	7.782.378	2,9	187%
Modelo 8	73.106	198.977	125.870	4.114.315	2,7	172%

**Tabla 54.** Resultado del análisis económico-financiero para la diversificación de la productividad para agricultores familiares de transición.

Modelo	Costos (USD)	Ingresos (USD)	Utilidad (USD)	Valor Actual Neto (USD)	Beneficio-costo	Rentabilidad
Modelo 1	1.147	3.945	2.799	91.479	2,5	154%
Modelo 2	750	1.601	852	27.833	2,1	109%
Modelo 3	1.877	7.276	5.400	176.498	4,6	359%
Modelo 4	4.606	10.002	5.396	176.364	2,2	122%
Modelo 5	999	2.623	1.624	53.078	3,1	211%
Modelo 6	3.929	11.277	7.348	240.197	2,7	170%
Modelo 7	3.929	11.277	7.348	240.197	2,8	184%
Modelo 8	2.256	6.141	3.885	126.985	2,5	153%

**Tabla 55.** Resultado del análisis económico-financiero para la diversificación de la productividad para agricultores familiares comerciales.

Modelo	Costos (USD)	Ingresos (USD)	Utilidad (USD)	Valor Actual Neto (USD)	Beneficio-costo	Rentabilidad
Modelo 1	44.475	151.672	107.198	3.503.957	3,4	241%
Modelo 2	18.413	41.810	23.398	764.793	2,3	127%
Modelo 3	59.135	263.098	203.962	6.666.902	4,4	345%
Modelo 4	157.674	346.924	189.250	6.185.991	2,2	120%
Modelo 5	32.243	110.499	78.256	2.557.942	3,4	243%
Modelo 6	143.288	410.854	267.566	8.745.905	2,9	187%
Modelo 7	148.796	445.477	296.680	9.697.563	3,0	199%
Modelo 8	61.136	173.797	112.661	3.682.536	2,8	184%

## **ANEXO 7. ANÁLISIS TÉCNICO DE SISTEMAS DE GIRH PARA LOS MODELOS DIVERSIFICADOS DE PRODUCCIÓN IDENTIFICADOS**

### **Análisis técnico**

#### *Sistemas de cosecha agua*

La transformación de sistemas de producción de secano a riego mediante la cosecha de agua lluvia ha demostrado ser la única tecnología capaz de tener el potencial para mejorar la productividad en tierras áridas, al incrementar los rendimientos por hectárea y reducir los riesgos de pérdidas por sequías o inundaciones (Prinz & Singh, 2006). La cosecha de agua lluvia para el riego de cultivos es una alternativa que cuando se combina con prácticas sostenibles de manejo de cultivo, tiene el potencial de elevar los rendimientos por hectárea hasta niveles competitivos. Al conjugar estas dos estrategias se pueden solucionar en gran medida los problemas de baja productividad del secano, la pobreza y la inseguridad alimentaria del CSN; aprovechando el vasto potencial que ofrecen los recursos de agua de escorrentía que se caen durante la temporada lluviosa.

La cosecha de agua bajo el concepto del FLAR contempla la construcción de obras civiles en propiedad privada, en donde de ningún modo se afectan los caudales ecológicos de las microcuencas de aporte y que no representan una amenaza para la seguridad pública de terceros. Además, bajo ninguna circunstancia, incluye el represamiento de ríos y quebradas, ni la toma de agua de humedales o de reservas naturales; ya que únicamente se cosechan aguas de escorrentía que descienden por terrenos de potreros o cultivos que anteriormente se veían afectados por erosión o por inundaciones. El objetivo de estas obras de aprovechamiento sostenible del agua lluvia es la transformación hacia sistemas de irrigación eficientes, seguros y productivos, cuya escala está ajustada a las necesidades específicas de agua de los cultivos y siempre parte de observaciones conscientes y detalladas de la dinámica de cómo y hacia a dónde corre el agua. Esto facilita la instalación de sistemas pequeños y simples que están ajustados a la demanda hídrica de los productores. Para el

caso específico en Nicaragua, la construcción de reservorios se rige por la Ley General de Aguas Nacionales -N° 620, y específicamente en el decreto Número 44 de septiembre de 2010.

El proceso de preselección de sitios potenciales para cosechar agua se inicia con una apropiada evaluación del lugar, en donde se consideran características como el tipo de suelo, geología, topografía, fuente de suministro de agua y seguridad pública. La aptitud de un sitio para la construcción de un reservorio depende de la habilidad física del suelo para retener agua en el área de almacenamiento. Los suelos arcillosos o franco-arcillosos son excelentes para la conformación de los muros, ya que presentan contenidos de arcilla suficientes para disminuir el riesgo de posibles infiltraciones. El relieve y la topografía del sitio son los factores que más influyen en los costos de construcción de las obras.

Por simples razones económicas, los reservorios deben estar ubicados en sitios en donde se coseche un volumen adecuado de agua lluvia y en donde se deba mover la mínima cantidad de suelo para la construcción de un pequeño muro de tierra. El tamaño de la obra está muy ligado a las características de los suelos y de la vegetación predominante en el área contributiva que está drenando, ya que permite cuantificar los volúmenes máximos de excesos de agua superficial que pueden escurrir en el sitio durante los meses lluviosos. La información sobre balance hídrico, cantidad de escorrentía, y tasa de infiltración; es de mucha importancia para estimar el área requerida para llenar el reservorio. Además, siempre se presta especial atención a las estructuras de aliviamiento y control de aguas de exceso, con el propósito de minimizar el riesgo de erosión de los muros.

Los cálculos de la escorrentía potencial son muy usados en estudios urbanísticos y en agricultura, donde el control de la erosión y el manejo de cuencas son áreas prioritarias. La escogencia o descarte de un sitio particular para cosechar agua es proporcional a la cantidad de escorrentía que baja por el terreno y que, a su vez, depende de muchos factores interrelacionados que



determinan la idoneidad para la construcción de un reservorio. Para anticipar los volúmenes de escorrentía se deben estudiar detalladamente las características biofísicas del área contributiva, los patrones de precipitación de la zona, la geología, los tipos de suelo y la vegetación predominante. Estas estimaciones pueden hacerse a nivel macro o por fincas individuales, dependiendo del propósito de la iniciativa.

#### *Estudios en el área contributiva*

La principal preocupación al momento de seleccionar un sitio para la construcción de un reservorio, es que éste tenga la capacidad para llenarse completamente con agua lluvia. También denominada área de captura, esta superficie corresponde al área de donde proviene el agua de escorrentía, que como se mencionó anteriormente, depende de factores como el tipo de suelos, la vegetación de cobertura predominante y la cantidad e intensidad de la precipitación. Una evaluación rigurosa de la cuenca de aporte es crítica para estimar anticipadamente los volúmenes de escorrentía que pueden descender en un determinado evento de alta precipitación en un periodo corto de tiempo.

El análisis de factores como la cantidad y distribución de la lluvia, la temperatura, la humedad relativa y los vientos; determinan la factibilidad de implementar sistemas de cosecha de agua. Teóricamente, el balance hidrológico de la zona debe ser positivo durante la mayor parte del año, es decir, que la precipitación anual supere a la evaporación y así, poder cosechar el exceso de agua que escurre naturalmente durante los meses lluviosos. La precipitación de la zona evaluada determinará la superficie de captura necesaria para llenar la represa. Los vientos por su parte determinan el oleaje, mientras que la temperatura y la radiación solar de la zona determinan factores de pérdida de agua en forma de evaporación. En

casi todos los países, las instituciones nacionales encargadas poseen información climatológica completa, lo que facilita en gran medida el análisis previo a la selección del sitio donde se construirá la represa.

#### *Análisis de la precipitación*

Las propiedades del suelo determinan la cantidad de agua de escorrentía, ya que afectan la capacidad del reservorio para sostener agua. Esto significa que una vez lleno el reservorio, no se va a perder agua por efecto de la infiltración. La Tabla 56 presenta información general sobre las propiedades de los suelos (comúnmente conocidos como grupos hidrológicos de suelos), las tasas de infiltración y su idoneidad para cosechar agua.

La captura de escorrentía es parcialmente dependiente de la frecuencia y de la intensidad de las lluvias. Áreas de lluvias intensas durante un periodo corto de tiempo pueden experimentar grandes cantidades de agua de escorrentía, incluso si los registros de precipitación anual son bajos. Una distribución más uniforme de la precipitación a lo largo del año, generalmente no resulta en mucha agua de escorrentía, incluso en zonas donde los promedios anuales de precipitación son altos.

Los datos históricos de precipitación en base diaria son muy útiles para identificar los eventos pluviométricos de mayor intensidad, lo que permite estimar los niveles máximos de escorrentía y ayuda a tomar medidas para el manejo seguro de los excesos de agua. Esta es información de mucha utilidad en zonas de huracanes como Centroamérica, en donde se pueden alcanzar niveles de precipitación de 200 mm en un solo día, que pueden comprometer la seguridad de las obras.

**Tabla 56.** Idoneidad para la cosecha de agua en función del grupo hidrológico del suelo.

Grupo hidrológico de suelo	Características	Infiltración (mm/h)	Infiltración (mm/h)	Escorrentía potencial
<b>A</b>	Suelos livianos y profundos con presencia de gravas con perfil permeable	8 a 12	Arenosa o Limo Arenosa	Muy baja, no es apropiado para cosechar agua
<b>B</b>	Suelos livianos similares a los del grupo A, pero de perfil superficial y bajo contenido de arcilla	4 a 8	Franco Limosa, Limosa, con menos de 15% de arcillas	Moderadamente baja, Requiere grandes áreas contributivas para hacer cosecha de agua
<b>C</b>	Suelos superficiales de textura intermedia que contienen un mínimo de 20% de arcillas	1 a 4	Franco arcillo limoso	Moderadamente alta, Apropriados para cosechar agua con algunas consideraciones
<b>D</b>	Suelos pesados con alto contenido de arcillas y capas sub-superficiales impermeables	0 a 1	Franco Arcillosos, Limo Arcillosos y Arcillosos	Alta, Suelos ideales para cosechar agua

### Efecto de la cobertura vegetal y de la topografía sobre la escorrentía

La vegetación de cobertura predominante en el área contributiva ejerce una gran influencia sobre la cantidad de precipitación que se convertirá en escorrentía. Las tierras cultivadas con poca cobertura y mucha área con suelo desnudo normalmente tienen tasas de escorrentía altas. Lo mismo sucede con las pasturas compactadas por el ganado. La combinación entre el tipo de suelos y

la vegetación de cobertura permite determinar los valores estimados de precipitación. Estos valores son números empíricos generados por el Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos y han sido colectados de cientos de parcelas de escorrentía con diferentes condiciones de suelo y varios tipos de cobertura vegetal. Los valores fluctúan entre 30 a 100 y entre más bajo sea significa que es más baja la escorrentía potencial; y entre más alto sea este número significa que la escorrentía potencial es más alta (Tabla 57).

**Tabla 57.** Valor estimado de la esorrentía según grupo hidrológico de suelo y cobertura vegetal.

Cobertura vegetal y uso del suelo	Grupo Hidrológico de suelo		
	B	C	D
	<b>Valor estimado de la esorrentía (mm/h)</b>		
<b>Cultivos transitorios</b>	81	88	91
<b>Pasturas cultivadas</b>	61	74	80
<b>Pasturas nativas</b>	58	71	78
<b>Arbustos</b>	48	65	73
Bosque	60	73	79

## Diseño y construcción de reservorios

### *i. Diseño preliminar*

Un diseño preliminar es esencial para suministrar información sobre la cantidad de movimiento de suelo requerido para construir el muro, la capacidad de almacenamiento de agua del reservorio y un estimado general del costo de construcción de la represa. El diseño preliminar es simple de preparar y puede ser completado en pocas horas, requiriendo sólo un equipo topográfico básico (nivel o tránsito, estadia y cinta de medición). Seguido a la preparación del diseño preliminar, la información es analizada y algunos ajustes pueden ser necesarios. Si es factible, la localización del muro puede ser reubicada para reducir el movimiento del suelo o para incrementar la capacidad de almacenamiento de agua. El peso del muro debe ser alterado al cambiar la capacidad de la represa, teniendo en cuenta la cantidad de agua requerida para el riego en una finca particular.

La información de un diseño preliminar también permite hacer un estimado de la eficiencia relativa del sitio potencial del reservorio. Idealmente, un mínimo de 10m<sup>3</sup> de capacidad

de almacenamiento es el volumen deseado por cada metro cúbico de suelo movido. Sin embargo, la eficiencia relativa puede solamente ser usado como una guía. Para cultivos de alto valor comercial, índices de eficiencia por debajo de dos o tres siguen siendo económicas, pero para cultivos que requieren grandes cantidades de agua o cultivos de granos de bajo valor, se requieren índices de eficiencia por encima de diez. Frecuentemente, pequeños ajustes en la localización y trabajo del muro resultan en un mejoramiento de la eficiencia en la construcción. La eficiencia relativa de la construcción también suministra información pertinente para desarrollar patrones de cultivo que maximicen el retorno económico por unidad de agua usada.

### *ii. Tipos de reservorios*

Antes de embarcarse en la preparación de un diseño, hacerse una imagen mental del posible sitio puede ser de mucha utilidad, especialmente cuando se tiene la experiencia en la identificación de sitios potenciales y se entiende qué tipo de construcciones se traducen en reservorios económicamente viables. Existen tres tipos de reservorios: terraplén, excavación y mixtos.

Los reservorios de terraplén son creados mediante la conformación de un muro de tierra entre dos lomos, o cerrando una depresión natural ubicada en un área de drenaje. El volumen de suelo requerido para la conformación del muro es mínimo en relación con la cantidad de agua que se acumulará detrás del muro, especialmente si el área detrás del muro tiene una pendiente suave. En contraste, los reservorios tipo excavación, rara vez son económicamente factibles; ya que la relación entre movimiento de suelo y capacidad de almacenamiento de agua es cercana a 1. Esto significa que por cada metro cúbico de suelo movido, solo se cosechará un metro cúbico de agua. Generalmente se construyen este tipo de reservorios para coleccionar agua lluvia para ganado, sin embargo, la capacidad de retención de agua es reducida, por lo que no puede ser utilizada para la producción de cultivos.

Las estructuras más frecuentes son una combinación de terraplén y excavación, a menudo la excavación del suelo en la parte interior del reservorio, se usa para obtener suelo para la construcción del muro, lo que también incrementa la capacidad de almacenamiento de agua del reservorio. También es común utilizar la excavación alrededor de los bordes de la represa, y así aumentar la profundidad a lo largo de las riberas para evitar el excesivo control de malezas en zonas poco profundas y aumentar la relación entre el área superficial y la profundidad del estanque, un factor importante relacionado con las pérdidas de agua por evaporación. En resumen, una simple observación del área permite hacerse una imagen del tipo de reservorio que puede ser construido de manera que sea económicamente viable.

### *iii. Preparación del diseño*

Un buen diseño depende del correcto registro de la evaluación topográfica y las curvas de nivel, seguida de una correcta interpretación de los datos. Como se mencionó anteriormente, las medidas pueden ser tomadas con un

equipo topográfico sencillo. Los GPS (equipos de posicionamiento global) son útiles para determinar el área sin tener que establecer cada curva de nivel, pero esto también se puede hacer con un equipo sencillo. Los GPS pueden acelerar el proceso, pero no son obligatorios. Las mediciones de campo son utilizadas para garantizar lo siguiente:

- Un plano del muro que ilustre las capas de elevación desde la base a la corona del muro, la localización de la toma de agua en caso de que se vaya a utilizar riego por gravedad, y la ubicación del dique a través del cual se eliminan los excesos de agua.
- Un plano del perfil transversal del muro que muestre claramente las capas de suelo y ambos taludes (montante y el de atrás).
- Un mapa metro a metro de las curvas de nivel del vaso de la represa que permita una medición de la capacidad de almacenamiento de agua de la represa.
- Una tabla resumen del volumen del suelo requerido para conformar cada capa (un metro de espesor) y el área superficial de cada una de las curvas de nivel.

### *iv. Levantamiento de planos (Preparación del diseño final)*

Una vez que se establece la ubicación del muro y se tienen los cálculos preliminares, se da inicio a la preparación de los planos finales o definitivos. Estos, por lo general, son requisitos fundamentales para los permisos ambientales. Los planos indican gráficamente tanto el volumen de movimiento de material para cada uno de los pisos del muro, así como el ancho y el largo de la planta baja donde irá el muro.

De acuerdo a las mediciones topográficas tomadas en campo, se dibuja digital o manualmente la planta baja. Este plano indica los puntos de referencia, metro a metro, de cada piso del muro donde luego se esparce y compacta el material selecto (suelo o tierra).

En los diseños también se ilustra la posición metro a metro del muro, respecto a los puntos cardinales, la dirección del muro y las curvas de nivel; las cuales constituyen el vaso de la represa y determinan el volumen de agua de la misma.

#### *v. Construcción de reservorios*

Según lo indiquen los planos, se demarca con estacas de madera el sitio donde se levantará la planta baja del muro. Una vez esté demarcada la planta baja con estacas, con un buldócer se realiza el corte y la remoción de la capa orgánica hasta encontrar suelo firme. Este corte denominado “descapote”, en general fluctúa entre los 20 y 30 centímetros de profundidad. El descapote es necesario para prevenir o reducir el volumen de infiltración de agua en la parte baja del muro. El descapote sólo se realiza donde está la planta baja, para vez es factible hacer un descapote a todo el vaso de la represa. Tampoco es necesario remover toda la vegetación de la zona, ya que con el tiempo ésta se integrará a la represa.

#### *vi. Construcción del trincho o diente*

Antes de comenzar el levantamiento del muro, debemos garantizar que no exista ningún tipo de infiltración de agua por debajo de la estructura. El trincho o diente es un canal cuadrado que se cava a lo largo de la línea central del muro, que será posteriormente rellenado con suelo y bien compactado, con el propósito que sirva como una barrera física que impida el paso de agua por debajo de la base del muro. Dependiendo del tamaño de la obra el trincho o diente puede ser de dimensiones variables, sin embargo, con un canal de un metro de ancho y un metro de profundidad se puede garantizar que la infiltración en la parte inferior del muro sea un problema.

#### *vii. Construcción de la toma de agua y compactación de capas del muro*

La toma de agua generalmente se ubica en el punto de menor altura de la represa, para así aprovechar la máxima cantidad de agua

represada. En algunos casos puede estar ubicada sobre una capa de un metro de material compactado. Es importante recalcar que la toma de agua se puede construir o no, dependiendo de la altura de la represa con relación a la ubicación del cultivo. Una vez demarcada la dirección de la toma, se cava un canal cuyas dimensiones dependen del diámetro de la tubería a instalar. Para garantizar la durabilidad y resistencia de la toma, el tubo se introduce dentro de una viga de hierro de 3/8 de pulgada y luego se rellena con concreto. Posteriormente se acopla la válvula o llave de paso en la salida del agua y se hacen cajas en cemento, tanto en la entrada como en la salida del agua. Finalmente se coloca en la caja de entrada una rejilla metálica que evita la entrada de sedimento, palos, tortugas u otros elementos que puedan obstruir el muro, la toma y la fuga de los peces.

Una vez la toma esté hecha se inicia el levantamiento del muro, esparciendo con un bulldozer capas de material selecto (suelo arcilloso) de 15 a 25 centímetros de espesor; que son compactadas posteriormente con una compactadora vibrátil o, si es posible, con una pata de carnero. El material no debe estar ni demasiado seco, pues no compactaría, ni muy húmedo, pues se abriría al compactarlo. En caso de que el material esté muy seco, será necesario conseguir una pipa con agua para darle humedad al momento de la compactación.

#### *viii. Construcción del dique de aliviamiento y consideraciones de seguridad*

También denominado vertedero, el dique de aliviamiento es un canal rectangular que debe tener un desnivel con pendiente del 5% es decir, un centímetro de caída por cada 20 metros de longitud; que está ubicado por debajo de la altura máxima del muro. Su función principal es evacuar el agua de exceso de la represa, para así evitar desbordamientos o posibles rupturas del muro. Para evitar la erosión del suelo del dique, ocasionada por la escorrentía, se debe buscar mecanismos para disminuir la energía del agua. Una buena práctica consiste

en revestir el dique con plástico y una capa fina de arena y piedra redonda de río del tamaño de una mano.

La evacuación de las aguas de exceso es un factor clave en la seguridad de los reservorios, principalmente durante la temporada de fuertes lluvias. En general, los diques de aliviamiento o aliviaderos son canales que se construyen en la parte lateral del muro y que permiten la salida del agua de exceso, una vez la represa ha llegado a su nivel máximo de llenado. Sin embargo, en muchos casos las condiciones de topografía del sitio de la represa permiten utilizar pequeñas depresiones o salidas naturales ubicadas en la parte de atrás del sitio, como aliviaderos del agua de exceso.

Existen algunos métodos teóricos para determinar el caudal máximo de descarga de un dique de aliviamiento, en función a la cantidad de escorrentía percibida en el sitio. Estos modelos utilizan la información de suelos, vegetación y pendiente del área de captura, para hacer una estimación teórica del volumen máximo de agua a evacuar. Debido a que estos modelos requieren información detallada sobre la intensidad de la lluvia y la velocidad de escurrimiento, son poco prácticos al momento de tomar decisiones respecto al diseño.

*ix. Nuevas tecnologías para la identificación rápida y precisa de sitios potenciales para reservorio*

La selección y ubicación exacta de los sitios más apropiados para construir un reservorio exitoso en una determinada propiedad es el factor técnico que más ha limitado la expansión de la tecnología a escala comercial en Nicaragua, ya que se requiere de mucho tiempo para realizar análisis detallados que parten en gran medida de observaciones visuales soportadas por levantamientos topográficos y análisis físicos de suelos en las fincas estudiadas. Recientemente el FLAR ha estado refinando una metodología para aumentar la eficiencia de los procesos de selección de sitios potenciales para cosechar agua, soportada en el análisis geoespacial detallado de mapas digitales de

elevación construidos a partir de información topográfica georreferenciada capturada con drones en fincas de Colombia. La principal ventaja de usar drones de ala fija del tipo E-Bee equipados con cámara fotogramétrica y dos GPS para análisis topográfico, es la gran cobertura y velocidad de captura de información espacial que permite levantar hasta 500 hectáreas por día.

El proceso comienza con delimitar la zona de estudio definiendo el perímetro del polígono del área a volar en Google Earth. Posteriormente se establece en tierra la correcta ubicación de los puntos de control y de las estaciones de tierra RTK, que sirven para corregir la geolocalización de las imágenes. Los puntos de control deben ser visibles desde el aire por lo que se recomienda su ubicación en lugares despejados. Una vez se ha definido el polígono se programa el plan de vuelo del dron, definiendo con líneas la ruta de vuelo y la altura de acuerdo a la cobertura y precisión deseados, además las condiciones de clima son monitoreadas días antes para establecer la mejor fecha para realizar el vuelo. Una vez el dron termina de capturar las imágenes, se descarga la información a un computador que procesa los datos. Utilizando una gran cantidad de imágenes superpuestas, el software Pix4D es capaz de construir una nube fotogramétrica de puntos en tres dimensiones que indica las distintas elevaciones del terreno estudiado.

Cada punto indica un valor de elevación separados a unos pocos centímetros con una densidad de puntos de más de 20 puntos por metro cuadrado. Estas nubes de puntos se convierten a representaciones en 3D de datos topográficos con los que se generaron los Modelos Digitales de Elevación (MDE) de las fincas con sus respectivas curvas de nivel. Dentro de las aplicaciones más comunes del análisis de datos topográficos es la modelación del drenaje, ya que los modelos permiten determinar la dirección y la tasa de flujo del agua superficial, lo que es bastante útil para determinar cómo y dónde controlar el agua que desciende por la pendiente. La alta densificación de datos topográficos y el

análisis de las curvas de nivel de los terrenos permitieron identificar con precisión las elevaciones de los sitios más apropiados para construir reservorios u obras de captación.

Los productos generados son ortomosaicos o modelos digitales elevación de las fincas que se analizan con el software AutoCAD 3D para estimar tanto la capacidad de almacenamiento de agua del reservorio, como el volumen teórico de movimiento de suelo requerido para su construcción. Con esta información se estima el índice de eficiencia de cada sitio de reservorio potencial, el cual se obtuvo mediante la relación entre el volumen potencial de agua acumulado por cada metro cúbico de movimiento de suelo. Este valor es de mucha utilidad para la toma de la decisión final sobre la ubicación y costo de las potenciales infraestructuras. Después de definir la ubicación y tamaño de los reservorios, los estudios se enfocaron en el análisis de los suelos y de la cobertura del área contributiva y en los requerimientos del área beneficiaria que será regada con el agua del reservorio, así como en el diseño digital de las obras en los sitios más apropiados mediante el uso de AutoCAD 3D.

La alta resolución del pixel obtenido con el dron de 2.5 m x 2.5 m permite identificar con claridad en los ortomosaicos y en los mapas digitales de elevación, las depresiones naturales del terreno más propicias para la construcción de reservorios, proceso que agiliza y facilita enormemente el análisis topográfico para determinar el potencial del predio para cosechar agua. Una vez se han identificado varios sitios georreferenciados a través del análisis de la información espacial colectada con drones, el paso a seguir es estimar los índices de eficiencia de los mismos para calificar su idoneidad. Posteriormente, en los sitios preseleccionados se deben realizar cálculos y diseños preliminares de los reservorios, así como un presupuesto estimado de construcción.

En comparación con las metodologías tradicionales de selección de sitios potenciales

para cosecha de agua, los drones permiten obtener información espacial de una manera más fácil, rápida y precisa. La velocidad de análisis y cobertura del área analizada aumentan sustancialmente con el dron, en comparación con los métodos tradicionales de observaciones visuales en tierra. Los modelos digitales de elevación construidos a partir de drones son un insumo muy valioso para los procesos de análisis y planificación de las fincas del futuro, dada la enorme cantidad de aplicaciones, mediciones y cálculos que se pueden realizar en un plano tridimensional georreferenciado. No obstante, la principal limitación para implementar esta tecnología en Nicaragua son las regulaciones para el uso de drones a nivel nacional.

### **Prácticas para aumentar la capacidad de retención de humedad de los suelos**

En el CSN más del 90% de la producción agropecuaria es de secano y el 42% de las explotaciones agropecuarias familiares no cuentan con disponibilidad o posibilidad de acceso a fuentes de agua superficiales o subterráneas para riego (INIDE, 2011). Ante esta situación, muchos productores sólo pueden optar por alternativas que mejoren las características físicas del suelo y aumenten la capacidad de retención del agua en el suelo después de una lluvia; condición que se puede lograr mediante prácticas como el uso de cultivos de cobertura, manejo residuos de cosecha, mulch, adición de compost y sistemas de cero-labranza.

El mulch es un material natural que al colocarlo a manera de capa sobre la superficie del suelo puede ayudar a controlar la erosión causada por la lluvia o el viento, mejorando la conservación de la humedad en el suelo. En muchos casos, el mulch mejora las condiciones del suelo, mejorando la germinación y el establecimiento de la vegetación; ya que mediante un efecto esponja garantiza la humedad suficiente para el crecimiento vegetal. Al reducir la escorrentía, el mulch también aumenta el tiempo de infiltración, lo que incrementa la capacidad de almacenamiento de agua por

parte del suelo. Esta paja en la superficie también disminuye la temperatura del suelo, disminuyendo la evaporación del agua superficial, lo cual alarga la permanencia de la humedad disponible para las plantas. El uso de compost y otros suplementos orgánicos puede mejorar el contenido de agua en la matriz del suelo, pero a la fecha existe poca información disponible para Nicaragua sobre materias primas para la elaboración de mulch, las dosis de aplicación, la profundidad de incorporación y los tiempos de óptimos de aplicación. Los cultivos de cobertura son los que mayor efecto positivo tienen sobre la infiltración durante periodos más largos de tiempo, ya que al establecer una cobertura vegetación herbácea se reduce la velocidad de pérdida de la humedad superficial. Muchos cultivos de cobertura sirven también para la producción de alimento animal.

El manejo inteligente de la materia orgánica del suelo es determinante en los planes de GIRH del CSN. La materia orgánica ha sido considerada históricamente como la característica más importante del suelo, dado su papel crucial en los procesos físicos que condicionan la estructura del suelo y aumentan la infiltración del agua en el perfil, permitiendo el establecimiento y crecimiento de la vegetación. Los agricultores pueden aumentar los niveles de materia orgánica en el suelo de diversas maneras, sin embargo, es importante que tengan claro que se requieren cantidades relativamente grandes de residuos orgánicos para lograr efectos significativos en los contenidos totales en el suelo.

La materia orgánica del suelo es muy variable, pero su contenido se estabiliza por largo tiempo después de que se han dado los procesos naturales de descomposición de los residuos orgánicos o compost. El porcentaje de carbono de la materia orgánica del suelo es de aproximadamente el 60%, lo que significa que se requieren seis toneladas de carbono estable para subir el contenido de materia orgánica de un suelo un uno por ciento. Los residuos de cosecha de cultivos como el maíz contienen cerca de 40% de carbono, contribuyendo de manera modesta a elevar los contenidos de materia orgánica. Sin embargo, su utilidad es mayor al aumentar la

retención de humedad en el suelo después de una lluvia.

Otro beneficio de aumentar el contenido de materia orgánica del suelo es que aumenta significativamente el movimiento capilar del agua. El movimiento capilar del agua puede ayudar a humedecer bordas o caballones construidos sobre las curvas de nivel, en donde agua se eleva más rápidamente en los suelos arenosos porque la conductividad capilar de los poros más grandes es mayor. En contraste, los suelos arcillosos tienen poros muy pequeños que atraen el agua con mayor fuerza, pero la drenan más lentamente; razón por la cual los suelos pesados retienen el agua por más tiempo que suelos livianos. Tanto la velocidad de movimiento del agua como la cantidad de retención de agua en el suelo están relacionadas con el tamaño de los poros del suelo, por eso cuando los suelos están húmedos el agua se mueve más rápido a través de los macro poros de la arena en comparación con la velocidad con que se desplaza por los micro poros de la arcilla.

La agricultura de labranza cero es otra tecnología agrícola que ayuda a incrementar la cantidad de materia orgánica y la consecuente retención de humedad en el suelo. La práctica consiste en la siembra directa de semillas en suelo no preparado y el uso de cultivos de cobertura apropiados para minimizar la erosión del suelo. Los beneficios de esta tecnología incluyen costos reducidos a largo plazo y mayor productividad para los agricultores, así como beneficios ambientales y sociales más amplios. En Brasil, la agricultura de labranza cero ahora se practica en más de 10 millones de hectáreas de tierra; y en Paraguay se practica en más del 50 por ciento de las tierras cultivables. En Brasil, la agricultura de labranza cero se ha extendido a los pequeños agricultores, asistida en parte a través de la adaptación y los subsidios apoyados por programas financiados por donantes; sin embargo, la tecnología ha tardado de cuatro a diez años en ser adoptada.

La idea es validar en las FIIT diferentes tratamientos encaminados a aumentar la capacidad de retención de humedad de los suelos al utilizar



fuentes alternativas de biomasa y materia orgánica a diferentes dosis por unidad de área. El efecto aditivo se espera observar sobre el aumento de la productividad de los diferentes cultivos evaluados en las FIIT y en la disminución del riesgo de pérdida por sequía. Las prácticas para incrementar la materia orgánica en el suelo son por lo general de bajo costo y fáciles de adoptar cuando estas han sido adaptadas a las condiciones locales y necesidades de los productores; por lo que la generación de investigación en el tema es un paso fundamental previo a la difusión de estas tecnologías.

### **Uso de variedades tolerantes a la sequía**

La ocurrencia de altas temperaturas y sequía durante las diferentes etapas de desarrollo de los cultivos, es uno de los factores más limitantes de los rendimientos de secano en las diferentes regiones de CSN. La consideración de tolerancia a la sequía como características deseada en el desarrollo de variedades de maíz, frijol, yuca, arroz y forrajes tropicales ha sido un elemento básico de la estrategia de centros de investigación internacional como CIAT y CIMMYT, y que ha empezado a ganar importancia en los últimos años. En Nicaragua, INTA ha trabajado junto a centros de investigación en la validación y desarrollo de variedades tolerantes a condiciones de sequía. Productos de estas investigaciones son las variedades de frijol INTA Frijol Norte, INTA Rojo, INTA Fuerte Sequía; las variedades de maíz NB S y NUTRADER; las variedades de sorgo INTA Sorgo Mejor, CNIA, INTA RCV y Tortillero Precoz; y la variedad de pastos Panicum INTA Vigoroso.

Dentro de la estrategia de GIRH para el CSN, es fundamental la difusión de estas variedades. La adopción de estos materiales, junto a la implementación de prácticas para mejorar la productividad, daría lugar a un aumento significativo de los beneficios económicos de la agricultura familiar, a través del aumento de la producción y de la reducción de las pérdidas en el cultivo. También es necesario incrementar la investigación en el desarrollo de nuevas variedades, diversificando el portafolio de investigación a otras especies, como hortalizas de

ciclo corto, raíces y tubérculos; que no solo son de mucha importancia para la seguridad alimentaria de los productores, sino también cuentan con un potencial de mercado para la generación de ingresos.

En este sentido, se propone el fortalecimiento en investigación y difusión de variedades de alto rendimiento con tolerancia a sequía como unos de los sistemas para la GIRH. A diferencia de los otros tres sistemas propuestos en el presente capítulo, el protagonismo de INTA y su capacidad de fortalecer sus alianzas con otros centros de investigación es fundamental. Si bien los otros sistemas propuestos tienen aún mucho espacio para la mejora y adaptación a las condiciones locales, son tecnología que ya están disponibles y cuya implementación recae en gran parte en los productores.

En el caso del uso de germoplasma élite la situación se divide en dos partes. Por un lado, INTA ya ha desarrollado y validado variedades de maíz, frijol, pastos y forrajes con características de resistencia a sequía. No obstante, aún falta mucho por trabajar para promover la adopción de estas variedades. Por otro lado, es necesario que INTA, en colaboración con otros centros de investigación, trabaje en el desarrollo de nuevas variedades que no solo sean tolerantes a sequía, sino también aceptadas y fácil de adoptar por parte de los productores. Esta segunda labor es en gran parte responsabilidad del INTA, aunque los productores también pueden verse involucrados a través del fitomejoramiento participativo.

### **Sistemas silvopastoriles y agroforestales**

La producción ganadera es una de las principales actividades agropecuarias en el CSN. Un 43% de las EAs se dedican a la producción de ganado, el cual es frecuentemente complementado con la producción de granos básicos y hortalizas (INIDE, 2011). Esta producción por lo general es de doble propósito. A nivel de los productores de agricultura familiar, la producción se destina principalmente al autoconsumo, aunque los productores con mayor extensión de tierras también destinan parte de la producción a la

comercialización. Los sistemas de producción bovina de doble propósito en el corredor seco son por lo general poco productivos. Al no existir especialización en la producción, la distribución de pienso y selección de especies es limitada. La alimentación depende por lo general del pastoreo extensivo en pastizales de baja calidad o tacotales. Muy pocos productores recurren a fuentes de alimentación suplementaria como ensilaje, concentrados o bloques nutricionales. Asimismo, la implementación de prácticas de sanidad y reproducción animal es limitada.

Al igual que en la producción de cultivos, la época seca es crítica en la producción de ganado bovino. La sequía afecta la calidad y disponibilidad de las pasturas, resultando en baja productividad de leche y en algunos casos hasta la muerte del animal. La disponibilidad de fuentes de agua para el abreviar ganado es otro factor que se ve afectado durante la época seca. Entre tanto, en la época de alta productividad durante la época lluviosa el mercado se satura, resultando en bajos precios para los productores. El crecimiento de la producción bovina a nivel nacional también ha estado desplazando los límites de las fronteras agrícolas, provocando la deforestación de bosques nativos, compactación de tierra y desplazamiento de otras actividades productivas. Es por estos factores, que surge la necesidad de implementar sistemas que permitan mejorar la producción ganadera durante la época seca, sin detrimento de los ecosistemas locales.

Una de las alternativas que se plantea para mejorar la sostenibilidad en incrementar la productividad de las explotaciones ganaderas es la implementación de sistemas silvopastoriles. Los sistemas silvopastoriles se refieren a la combinación e interacción de especies forestales (árboles y arbustos), pastos y animales; bajo un sistema de manejo integral. El conjunto de prácticas que abarcan estos sistemas tiene como fin la protección y restauración los ecosistemas naturales y el incremento de la productividad. A través de la reforestación y el enriquecimiento arbóreo se fomenta la regeneración natural y la restauración del bosque, permitiendo a los productores la realización de actividades

silvopastoriles propias del CSN en donde predominan matorrales y tacotales.

Los sistemas silvopastoriles promueven la integración del componente arbóreo en cultivos o pastizales mediante el establecimiento de maderables, cercas vivas, barreras vivas, árboles dispersos, pasturas mejoradas. Los sistemas agroforestales por otro lado, difieren de los sistemas silvo-pastoriles al integrar especies arbóreas con cultivos. Ambos sistemas, además, incluyen el uso de prácticas de conservación de suelos y aguas o bioingeniería para el control de erosión y estabilización de taludes mediante la conformación de diques o el uso de barreras vivas y muertas. También se puede considerar la posibilidad de establecer bancos forrajeros y proteicos para alimentación animal en el caso de los sistemas silvo-pastoriles.

El CSN cuenta con las condiciones necesarias para la implementación de estos sistemas. Los remanentes de bosque tropical seco se constituyen como una primera base para la implementación de los sistemas, disminuyendo la necesidad de esperar el desarrollo de nuevos árboles y reduciendo el impacto de la producción ganadera en los ecosistemas locales. No obstante, también se cuenta con especies forestales que pueden suplementar la alimentación animal con la masa vegetal producida, servir de cercas vivas para la división de potreros, proveer sombra para los animales e incrementar la cantidad de materia orgánica y la retención de agua en el suelo.

Entre las especies identificadas en el corredor seco para el establecimiento de los sistemas silvopastoriles y agroforestales están la leucaena, quesengusal, guácimo, guanacaste, roble, pochote, ñocuabo, helequeme, y madero negro. Estos sistemas pueden ser complementados con la producción de forrajes a través de sistemas de rotación, utilizando especies de alta productividad adaptas a las condiciones del CSN como *Cratylia argénte*, *Canavalia Brasilienses* y sorgos forrajeros. Asimismo, el uso de pastos de alta productividad y con tolerancia a condiciones de sequía no deja de ser un elemento importante. Entre las especies identificadas de pastos con estas características se

puede citar INTA CT 115, CT 169, OM 22, Brachiaria Marandú, Panicum INTA Vigoroso y Pasto de Maralfalfa.

En el caso de los sistemas agroforestales, las especies de árboles pueden combinarse con cultivos granos básicos y hortalizas de alto valor. A su vez, los sistemas agroforestales pueden complementarse con especies de frutales, contribuyendo de esta manera a una mayor diversificación de los sistemas productivos y la dieta de las familias productoras. Entre las especies de frutales que se adaptan a las condiciones del CSN se puede mencionar marañón, mango, jocote, tamarindo y nancite.

INTA, a través de su programa de la Unidad de Pastos y Nutrición Animal, ha trabajado en el desarrollo y validación de variedades de pastos, forrajes y especies forestales. Los productos de estas investigaciones son de gran importancia para la difusión de los sistemas silvopastoriles. Por ejemplo, INTA ha trabajado en el desarrollo y validación de la Leucaena INTA forrajera para el establecimiento de la especie como fuente suplementaria de alimento en sistemas silvopastoriles. La agenda de investigación de INTA en nutrición animal podría fortalecerse con

temas de investigación en rotación de cultivos, conservación de fuentes de agua con sistemas silvopastoriles y evaluación de otras especies promisorias de forestales, pastos y forrajes.

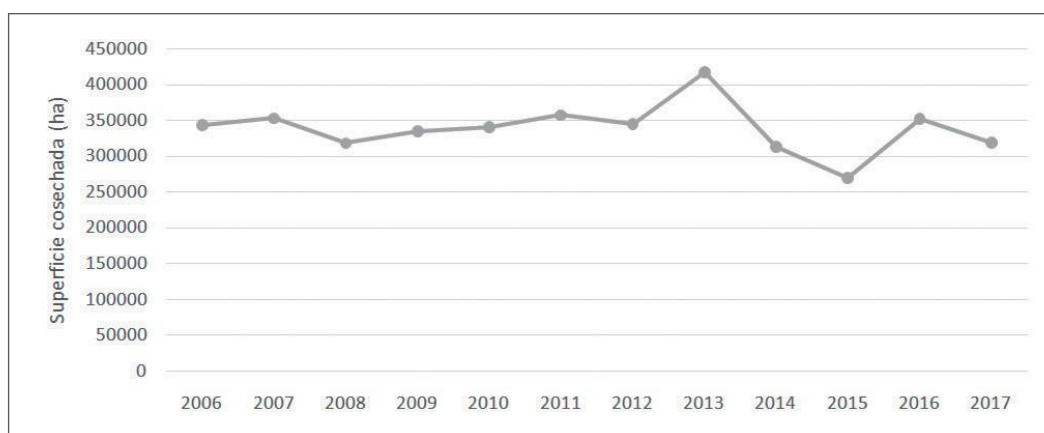
## ANEXO 8. ANÁLISIS DE CADENAS DE VALOR Y MERCADO

### Maíz

#### Producción

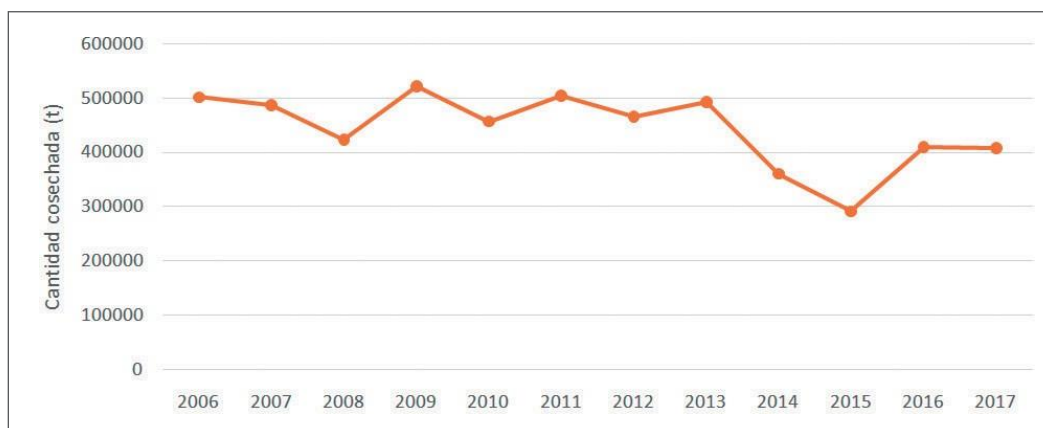
El 88% de las EAs de agricultura familiar en el CSN producen maíz al menos una vez al año (INIDE, 2011). La producción se concentra mayormente en variedades de maíz blanco, destinado al consumo humano; mientras que la producción de maíz amarillo se destina en su mayoría a la industria de concentrado animal. A nivel nacional, la superficie de maíz cosechada en 2017 fue de 319.200 hectáreas, lo que significó una caída del 9% en relación al 2016 (Figura 11). No obstante, el volumen producido no se ha visto tan afectado, resultado de un incremento en los rendimientos. En 2017 se cosecharon 408.415 toneladas, resultando en una pequeña baja del 1% en relación al 2016 (Figura 12).

**Figura 11.** Superficie cosechada de maíz en Nicaragua (2006 - 2017).



Fuente: FAO (2017)

**Figura 12.** Cantidad cosechada de maíz en Nicaragua (2006 - 2017).



Fuente: FAO (2017)

La producción de maíz en la agricultura familiar del CSN se caracteriza por su baja productividad y la vulnerabilidad de los sistemas a la sequía. Por lo general, los productores de pequeña escala producen en condiciones de secano, tienen bajo nivel de inversión en tecnologías, no cuentan con mercados asegurados y son más vulnerables a la fluctuación de precios y otras imperfecciones del mercado. Para reducir el riesgo, algunos productores de granos se asocian a través de cooperativas, las cuales actúan como un actor integrador de la cadena y un proveedor de servicios. A través de las cooperativas, los productores pueden acceder a mejores mercados con precios más estables, al alcanzar mayores volúmenes para comercializar por medio de la asociatividad.

Muchas cooperativas iniciaron como centros de acopio, pero han llegado a convertirse en procesadores de materia prima. (IDR, 2012). Entre las cooperativas y otras formas de asociación de productores de granos a nivel nacional, están: la Empresa Cooperativa de Comercialización S.A., Empresa Cooperativa de Granos y la Unión de Cooperativas Agropecuarias El Tuma-La Dalia. Las cooperativas facilitan también servicios que para los pequeños productores es muy

difícil de acceder de forma individual, como infraestructura adecuada para el almacenamiento y financiamiento (Flores, Delmello, Paz, & Barrios, 2006). Entre otros proveedores de insumos y servicios destacan ASOPROL SOPROCOM, RAMAC, DUWEST, CISAGRO, FORMUNICA (Urbina, Alemán, et al., 2012).

### **Acopio y procesamiento**

Existen tres canales de comercialización que dominan el mercado. El primer canal es el de los intermediarios, que compran la cosecha en las fincas o pequeños mercados locales para revenderlo en los mercados mayoristas o a empresas acopiadoras. Existen varios tipos de intermediarios. Están los acopiadores comunales, que acopian a nivel de comunidades y en muchos casos se encarga de abastecer los mercados locales con productos para la comercialización. Los comerciantes transportistas, son aquellos que se mueven de forma esporádica en los pueblos en busca de producto para comprar. También están los acopiadores intermediarios, que, si bien no compran la producción como tal, se encargan de establecer vínculos entre los compradores y productores a cambio de una comisión (Urbina, Alemán, et al., 2012).

Las empresas acopiadoras son el segundo canal de comercialización. Consiste en empresas legalmente constituidas que acopian y procesan maíz para vender en los principales mercados y supermercados del país, o en su defecto exportan el producto. Son de mayor tamaño, por lo que también tienen mayor poder de adquisición y un alto grado de influencia en el mercado. Una tercera alternativa es comercializar a través de las cooperativas de productores y los bancos de granos. Los productores organizados a través de estos esquemas acopian la producción de manera conjunta, a fin de tener acceso a mercados que ofrezcan precios más altos, construir facilidades de almacenamiento, e incluso, integrarse verticalmente en otros eslabones de la cadena de valor.

En 2013, en Nicaragua se mapearon 31 cooperativas de productores de maíz, 6 empresas acopiadoras y 150 industrias procesadoras (IICA, 2013). A nivel de procesamiento y acopio de granos, se cuenta con una infraestructura bien establecida. Por ejemplo, en el marco del programa Post Cosecha en Centro América, impulsado por COSUDE desde 1983 a 2009, se construyeron 120.000 silos a nivel nacional (IICA, 2013).

En cuanto al procesamiento, la industria se concentra principalmente en el abastecimiento de grano para consumo humano, no obstante, las industrias de pienso juegan un papel protagónico en el procesamiento de maíz amarillo para la elaboración de concentrado animal. Para el maíz destinado a consumo humano, la industria MASECA demanda maíz blanco para la elaboración de harinas, labor que también realizan otras empresas a nivel nacional (IICA,

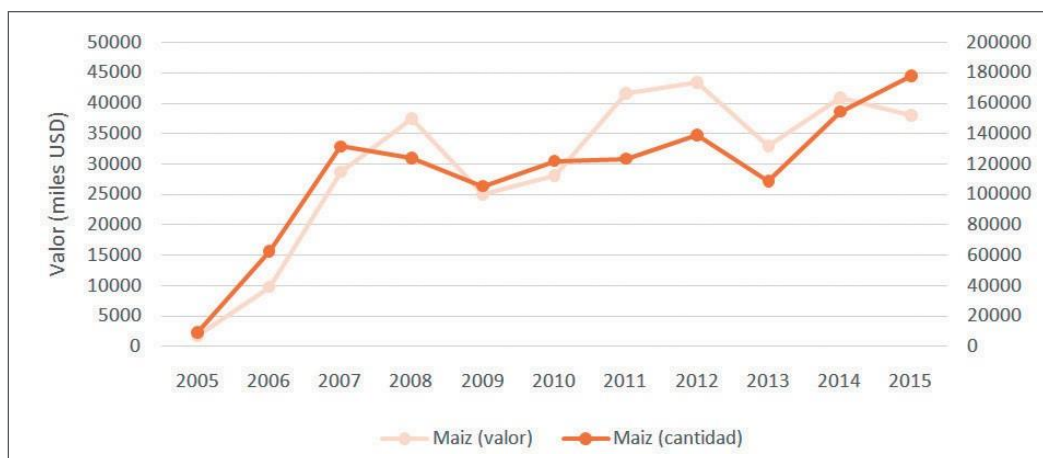
2013). También cabe resaltar la labor de pequeños emprendimientos en áreas rurales que demandan maíz para la elaboración de productos procesados como rosquillas y tortillas.

### **Consumo y comercialización**

El maíz es el alimento de origen vegetal más consumido por los nicaragüenses. El consumo per-cápita de maíz en el último año de referencia (2013) fue de 68,5 kg por habitante, lo que representó un incremento del 18% en la cantidad consumida en la última década (FAO, 2017). Dada su importancia en la dieta local, una importante proporción de la producción se destina al autoconsumo. Según datos del CENAGRO, el 40% de la producción nacional de maíz se destina al autoconsumo y el remanente se comercializa (IICA, 2013).

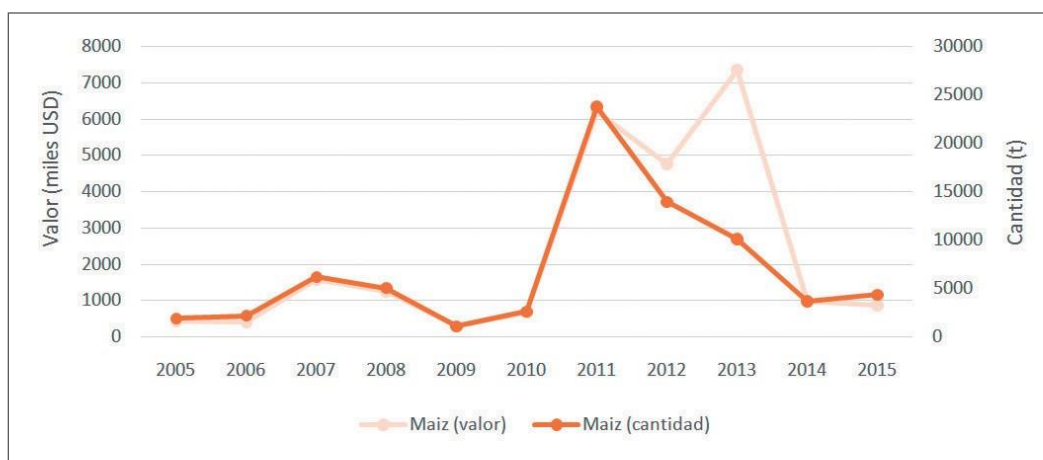
Nicaragua es un importador neto de maíz. En 2015 se importaron 117.889 toneladas de maíz por un valor de 37,9 millones dólares, casi cuadruplicando el valor importado en un lapso de 10 años (Figura 13). Por otro lado, la cantidad exportada creció a una tasa promedio de 193% en los últimos 10 años, alcanzando las 4.374 toneladas exportadas en 2015, por un valor de 0,86 millones de dólares (Figura 14). Si bien el mercado de exportación de maíz es limitado, presenta una buena oportunidad de mercado a futuro. No obstante, las restricciones arancelarias y no arancelarias a las exportaciones de granos básicos por ser considerados cultivos de alta importancia para la seguridad alimentaria del país pueden ser una limitante al momento de aprovechar esta oportunidad de mercado (Urbina, Alemán, et al., 2012).

**Figura 13.** Cantidad y valor de las importaciones de maíz a Nicaragua (2005 - 2015)



Fuente: ITC (2017)

**Figura 14.** Cantidad y valor de las exportaciones de maíz Nicaragüense a otros países (2005 - 2015)



Fuente: ITC (2017)

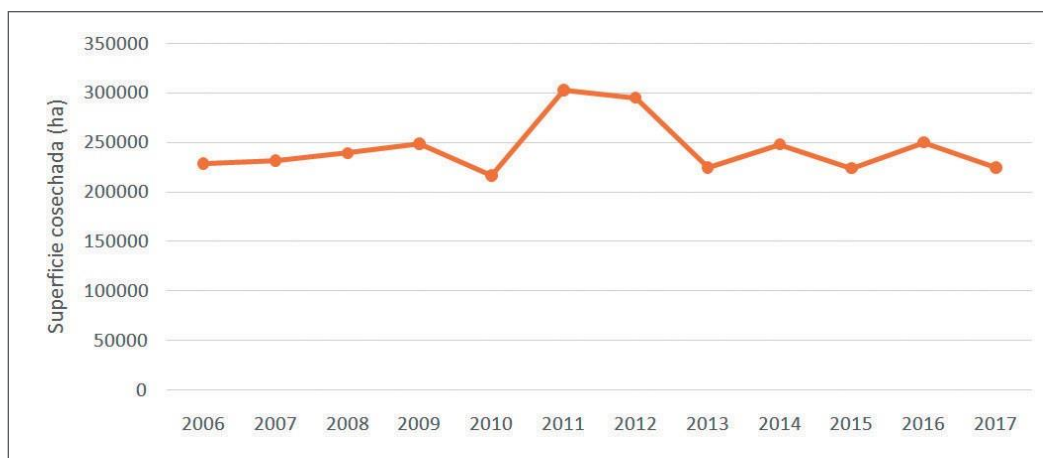
## Frijol

### Producción

El 65% de las EAs de agricultura familiar en el CSN producen frijol en al menos una época del año (INIDE, 2011). La producción se enfoca en variedades de frijol rojo, aunque en los últimos años se ha evidenciado un incremento en la producción de frijol negro para el mercado de exportación.

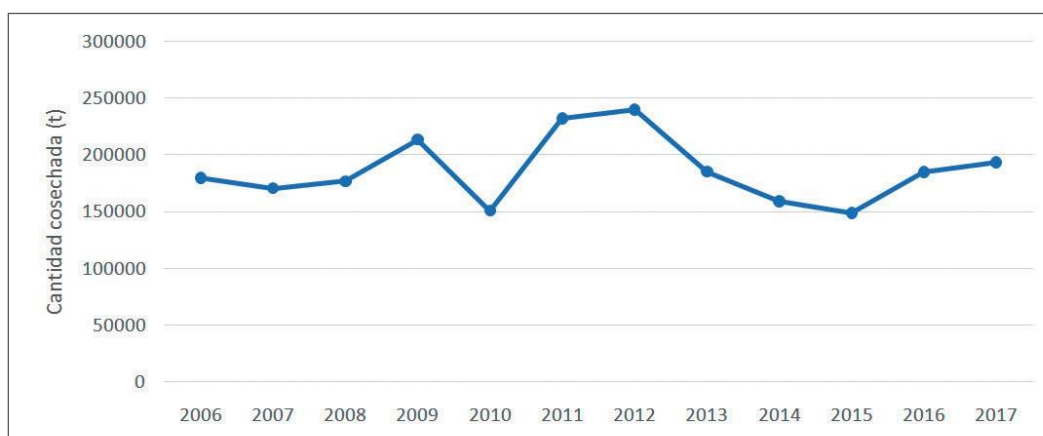
A nivel nacional, en 2017 se cosecharon 224.751 hectáreas de frijol, lo que significó una reducción del 10% de la cantidad cosechada en 2016 y de un 6% en relación a la década pasada (Figura 15). Sin embargo, el volumen no se ha visto afectado por la caída en la superficie cosechada. En 2017 se cosecharon 193.316 toneladas de frijol, lo que significó un incremento del 4% en relación al 2016 y 95% más que hace 10 años (Figura 16).

**Figura 15.** Superficie cosechada de frijol en Nicaragua (2006 - 2017).



Fuente: FAO (2017)

**Figura 16.** Cantidad cosechada de frijol en Nicaragua (2006 - 2017).



Fuente: FAO (2017)

Similar al caso de maíz, algunos productores de frijol se asocian en cooperativas como una estrategia para encontrar mejores mercados, tener mayor capacidad de comercialización y acceder a diversos servicios que ofrecen las cooperativas, como asistencia técnica y servicios postcosecha (Flores et al., 2006). Entre las cooperativas más relevantes a nivel nacional se pueden mencionar la Empresa Cooperativa de Comercialización S.A., Empresa Cooperativa de Granos, Unión de Cooperativas Agropecuarias El Tuma-La Dalia y el Centro de Negocios de Frijol negro de Jinotega.

Para los productores no asociados, las empresas acopiadoras de granos se presentan como una alternativa de comercialización. Esta alternativa es atractiva, ya que algunas empresas financian en especie a los productores; es decir, que venden los insumos para la producción a cambio del producto a ser cosechado. Un esquema similar es utilizado por las compañías exportadoras, que otorgan financiamiento a los productores sobre el contrato de venta del frijol, para de esta manera asegurar el suministro. Entre las principales empresas cabe destacar JOAITZ, COMCOGRANO, Agro Exportadora del Campo (Urbina, Alemán, et al., 2012).

## Acopio y procesamiento

Las empresas acopiadoras de frijol dominan este eslabón de la cadena. Diversas empresas se han integrado verticalmente, llegando a alcanzar varios eslabones de la cadena de valor; desde la venta de insumos para la producción, el acopio del grano, oferta de servicios postcosecha (limpieza, secado y almacenamiento), empaçado y venta al por mayor y menor. La agroindustria está liderada por 17 empresas, entre las cuales destacan GRABASECA, CISA Agro, Hortifruti y Central American Grain (Urbina, Alemán, et al., 2012).

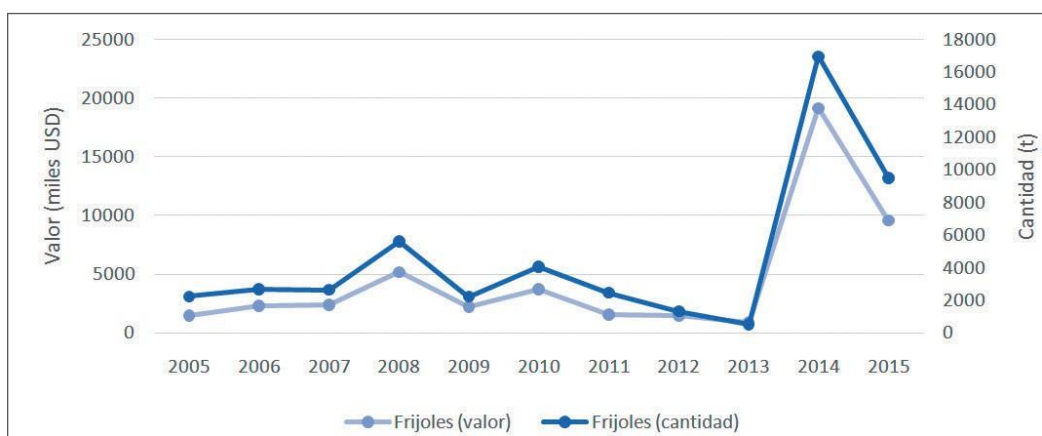
Los productores asociados comercializan a través de las cooperativas. Si bien este canal de comercialización es propio de este tipo de productores, es muchos casos las cooperativas compran a productores independientes o hasta de intermediarios, a fin de abastecer la demanda en épocas de escasez (Urbina, Alemán, et al., 2012). Cuando esta alternativa no es una opción, la baja capacidad de almacenamiento de granos de los productores independientes les limita acopiar grandes volúmenes para poder comercializar a empresas acopiadoras o esperar épocas donde el precio tiende ser más alto; por lo que optan por comercializar a través de intermediarios (Urbina, Alemán, et al., 2012). A nivel nacional se identificaron 44 cooperativas de productores, 32 empresas procesadoras y 39 industrias que procesan frijol (IICA, 2013). Si bien la adición

de valor agregado es limitada, las empresas exportadoras juegan un rol importante en el procesamiento. Aquí cabe destacar el papel de la Empresa de Alimentos de Nicaragua S.A. ALBA, que se dedica a la exportación de frijol negro a Venezuela, aunque esta actividad ha reducido sustancialmente en el último año.

## Consumo y comercialización

El frijol es el cuarto alimento de origen vegetal más consumido por los nicaragüenses. El consumo de frijol en 2013, se estimó en 21,4 kg por habitante (FAO, 2017). Al igual que el maíz, debido a su importancia en la dieta local gran parte de la producción es destinada al autoconsumo, un 45% según IICA (2013). Si bien, Nicaragua es un exportador neto de frijol, en época de desabastecimiento (época seca) se importa frijol de otros países de la región. En 2015 se importaron 9.504 toneladas por un valor de 9,5 millones de dólares (Figura 17). Por otro lado, el mercado de exportación no deja de ser una oportunidad atractiva para los productores, sobre todo de frijoles negros que, si bien no son consumidos en el mercado local, son demandados por otros países en la región, como Venezuela, Costa Rica y Guatemala. En 2015 se exportaron 48.333 toneladas de frijol por un valor 72,28 millones de dólares. Esta cantidad significó una tasa de incremento promedio de 216% en los últimos diez años (Figura 18).

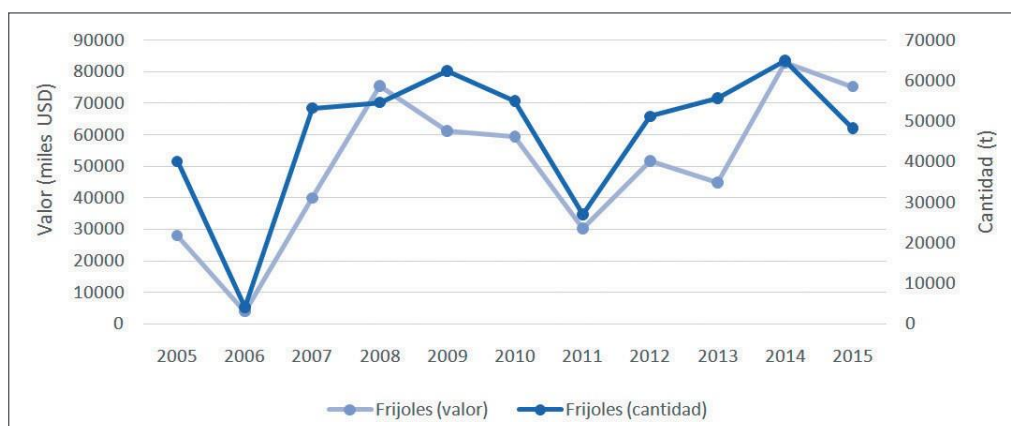
**Figura 17.** Cantidad y valor de las importaciones de frijol a Nicaragua (2005 - 2015).



Fuente: ITC (2017)



**Figura 18.** Cantidad y valor de las exportaciones de frijol Nicaragüense a otros países (2005 - 2015).



Fuente: ITC (2017)

## Tilapia

### Producción

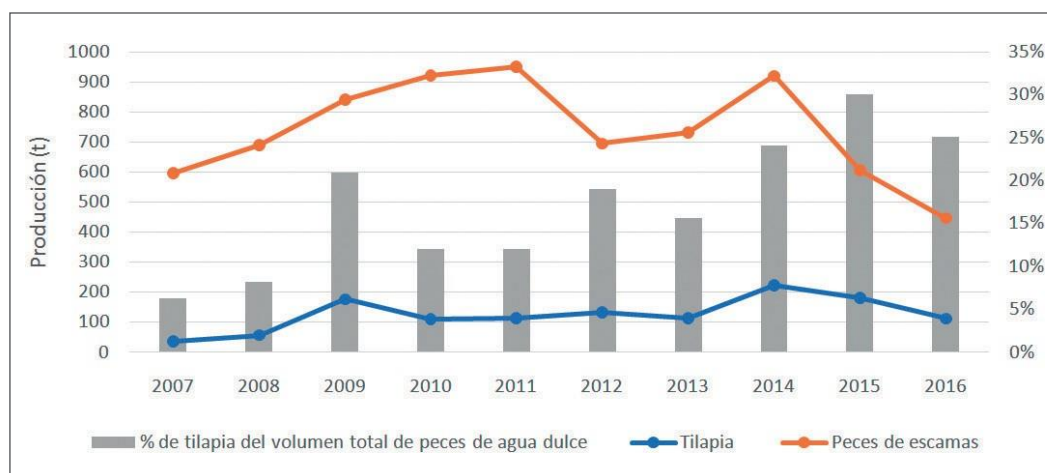
Según datos del Instituto Nicaragüense de Pesca y Acuicultura (INPESCA), en 2016, se registraron 112 toneladas de tilapia producidas a nivel nacional; lo que representó un incremento del 200% en relación al 2007, pero una reducción del 38% en relación al 2015. La caída en la producción de tilapia concuerda con una baja en la producción de peces de agua dulce en general, que desde 2012 ha registrado un decrecimiento en el volumen registrado a una tasa anual promedio del 11%. No obstante, esta cifra representa solo el volumen registrado por INPESCA e ignora la producción destinada al autoconsumo y el comercio informal.

A pesar de esta caída en volumen, la participación de la tilapia en la matriz productiva acuícola de peces de agua dulce ha incrementado. En 2007, la producción de tilapia representaba tan solo el 8% del volumen registrado de peces de agua dulce, porcentaje que incrementó al 25% en 2016 (Figura 19). Estos datos concuerdan con el

incremento en las exportaciones del producto. En 2017 se importaron 27 toneladas de tilapia por un valor de 109.000 dólares. Esto significó un incremento del 350% en la cantidad importada y 230% en valor en relación al 2013 (Figura 20). Los principales países de origen de las importaciones son Vietnam, China y Chile.

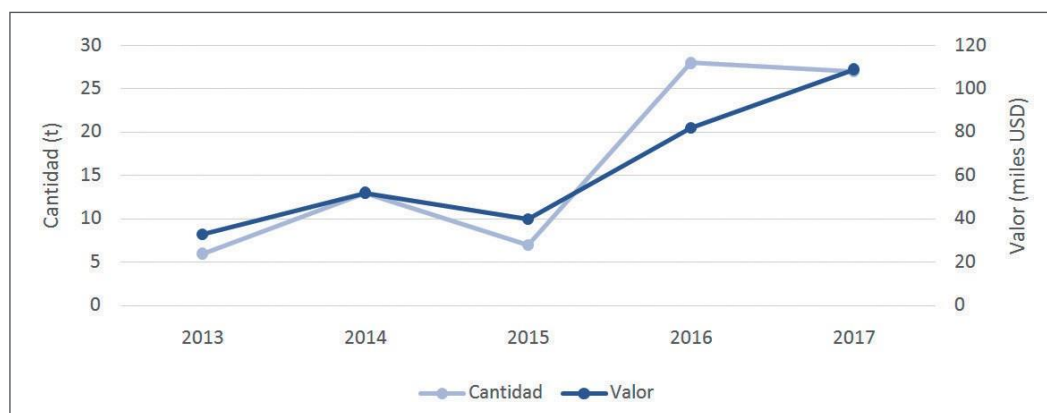
La tilapia se produce mayormente en tres tipos de sistemas: extensivo, semi-intensivo e intensivo. El sistema de producción extensiva es aquel que se lleva a cabo en cuerpos de agua de gran tamaño, generalmente lagos y lagunas, y que depende mayormente de los organismos en el agua para la alimentación. En los sistemas semi-intensivos hay mayor confinamiento, control del ambiente y la alimentación es suplementada con concentrado animal o fertilización del cuerpo de agua. Los sistemas intensivos son confinados, se tiene control casi total del ambiente y casi toda la alimentación es a base de suplemento. Si bien no se tienen datos específicos para el caso de tilapia, se sabe que 27% de las explotaciones acuícolas en Nicaragua son de carácter artesanal extensivo o semi-intensivo (SIMAS, 2008).

**Figura 19.** Producción registrada de peces de escama y tilapia en Nicaragua (2007 - 2016).



Fuente: INPESCA (2017)

**Figura 20.** Cantidad y volumen importado de tilapia a Nicaragua (2013-2017).



Fuente: ITC (2017)

### Acopio y procesamiento

Una vez que las tilapias alcanzan un tamaño adecuado para ser comercializadas, estas son procesadas para ser comercializadas en distintas presentaciones. Las dos formas más comunes de comercialización son en filete o como pescado entero; ya sea fresco o congelado. Según un estudio de mercado de tilapia en Managua (Ruiz & Umazor, 2012), igual proporción de consumidores prefieren la tilapia entera o en filete, mientras que un 46% no tiene una preferencia específica por la presentación del producto. A nivel de

las importaciones, 94% del valor importado corresponde a filete congelado, mientras que en el caso de las exportaciones, el 84% del valor exportado corresponde a tilapia entera fresca (ITC, 2017).

Debido a la falta de infraestructura adecuada para el procesamiento y cadena de frío, los pequeños productores por lo general comercializan la tilapia entera y fresca en mercados, restaurantes o a compradores locales que visitan la finca. Los productores de mayor escala establecen contratos de compra-venta con plantas procesadoras

o mayoristas. A nivel nacional se cuenta con 21 plantas procesadoras, 6 laboratorios de producción de semillas para la acuicultura y 197 centros de acopios registrados; lo que equivale a una capacidad instalada de 866 toneladas para almacenamiento de materia prima, 500 toneladas para congelamiento y 4.044 toneladas para almacenamiento de producto terminado (INPESCA, 2017). Esta infraestructura está destinada casi en su totalidad para la industria camaronera y de pesca, no obstante, esto implica la existencia de una oferta de bienes y servicios para el procesamiento de pescado y experiencia a nivel nacional en el rubro.

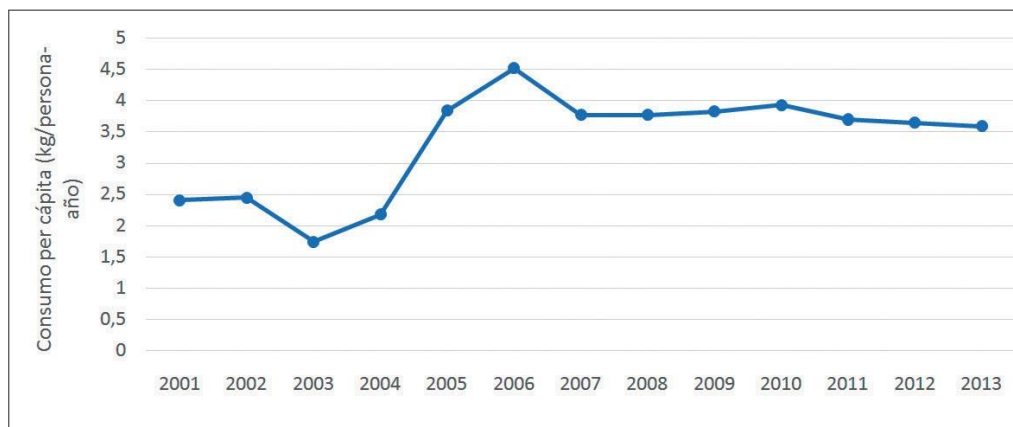
### Comercialización y consumo

Una vez procesada la tilapia se distribuye para su comercialización. Por lo general la tilapia fresca y entera se comercializa en los mercados locales, mientras la tilapia en filete y congelada en los supermercados. Entre los mercados identificados que ofertan tilapia están el Mercado Mayoreo, Roberto Huembes, Israel Lewites e Iván Montenegro. En cuanto a supermercados destacan Maxi Palí, La Colonia y La Unión. El 68% de los consumidores adquieren el producto en los

supermercados, 25% en mercados mayoristas y el resto en otros lugares. El 46% de los consumidores prefiere comprar tilapia en filete (Ruiz & Umanzor, 2012). Para marzo de 2019, el precio promedio de tilapia entera en los mercados locales fue de 1.4 USD/lb, mientras que la libra de filete de tilapia estaba en 2.4 USD. En el caso del pescado entero, el precio promedio de tilapia es 49% y 30% menos que el de pargo y guapote, pero el doble que el de mojarra. En el caso del filete, el precio es el mismo que el de productos sustitutos, como el filete de lenguado y bagre (INPESCA, 2017).

El consumo per cápita de productos pesqueros y acuícolas en Nicaragua es de 4.9 kg/año, el tercero más alto de Centroamérica después de Costa Rica (11.1 kg/año) y El Salvador (6.3 kg/año); y significativamente más bajo que el consumo per cápita en la región (9.8 kg/año). El 74% de los productos pesqueros y acuícolas corresponde al consumo de carne de pescado, 24% moluscos y crustáceos y 2% a otros productos (FAO, 2017). El consumo per cápita de carne de pescado a nivel nacional incrementó en 64% en los últimos 10 años de referencia (2004-2013), sin embargo, redujo en 79% tras un pico de consumo de 4.5 kg/persona-año en 2006 (Figura 21).

**Figura 21.** Consumo per cápita de carne de pescado en Nicaragua (2001 – 2013).



Fuente: FAO (2017)

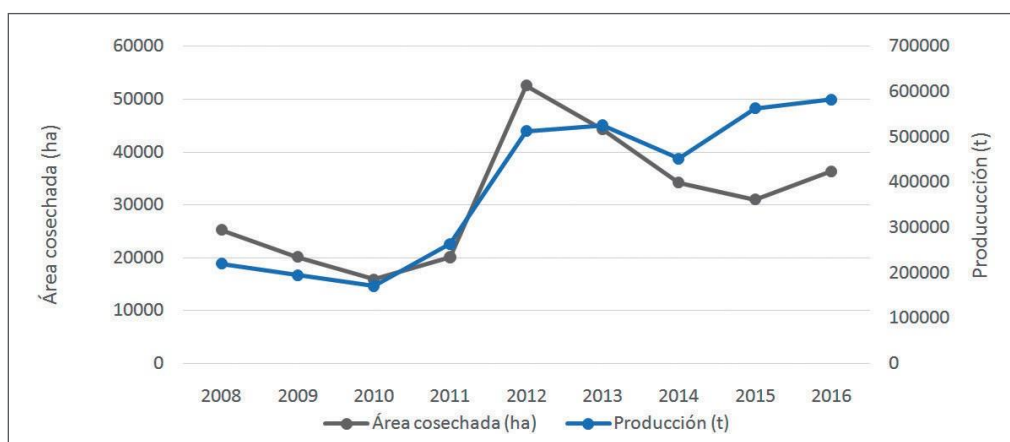
## Hortalizas

### Producción

En 2017 la superficie cosechada de hortalizas fue de 40.831 hectáreas con una producción de 627.283 toneladas, lo que significó un incremento del 61% en el área cosechada y del 183% en la cantidad producida en los últimos 10 años de referencia (Figura 22). Los grupos de hortalizas cuya producción incrementó más en la última década de referencia fueron el de chiles y chiltoma (583%), cebollas y nabos (247%) y crucíferas<sup>22</sup>(240%). El 90% de la producción de hortalizas en Nicaragua proviene de las regiones centro y norte del país; específicamente de los departamentos de Madriz, Nueva Segovia, Estelí, León, Chinandega, Jinotega y Matagalpa. El 79% del área sembrada a nivel nacional corresponde a tomate, cebolla, pipián, chiltoma, repollo, ayote, papa y zanahoria. A menor escala se siembra chayote, pepino, lechuga, remolacha, chile, rábano, berenjena, brócoli, coliflor, apio, ajo y okra.

El rubro es una importante fuente de empleos en el área rural. Contribuye a la economía de más de 15.000 pequeños productores a nivel nacional (INIDE, 2011). Asimismo, la producción hortícola se caracteriza por la alta demanda de mano de obra. Según Urbina et al (2012), una hectárea de hortalizas demanda en promedio 178 jornales para su producción; por lo que las producciones de gran extensión representan una importante fuente de trabajo. Los productores de hortalizas se pueden categorizar en cuatro grupos. Están los productores de huerto familiar o patio, que son aquellos que siembra pequeñas áreas destinadas para el consumo en el hogar. Se caracterizan por tener una producción diversificada e intensiva. Estas huertas suelen complementarse con el cultivo de frutales de diversas especies, animales menores, granos básicos y hasta yerbas medicinales. Un segundo grupo son los productores individuales, que tienden a especializarse en unas cuantas especies, con un enfoque más orientado a la comercialización que al autoconsumo.

**Figura 22.** Producción y área cosechada de hortalizas en Nicaragua (2008 - 2016).



Fuente: FAO (2017)

22. Brócoli, repollo y otras coles.

Un tercer grupo de productores corresponde a los productores asociados. Tienen un enfoque más comercial y, por tanto, más especializado. Producen en función de la demanda de las cooperativas, las cuales, por lo general, están asociadas a mercados consolidados. Finalmente, están las empresas consolidadas, que se caracterizan por la producción extensiva con mano de obra contratada y tecnificada y el alquiler de tierras. Estas cuentan con mercados consolidados y en muchos casos son empresas integradas horizontalmente a lo largo de la cadena de valor.

Otros actores de este eslabón de la cadena son los proveedores de bienes y servicios. En la producción de hortalizas, los proveedores de semilla y plántulas son actores con alto protagonismo en la cadena de valor. A diferencia de la producción de granos básicos y forrajes, el uso de semilla certificada en la producción de hortalizas es alto. Según Urbina et al. (2012), el 70% de los productores de hortalizas utiliza semilla certificada para la producción. En parte, porque muchas hortalizas son cosechadas antes que la planta produzca semilla. Por otro lado, algunas hortalizas se trasplantan para reducir la vulnerabilidad de la planta a plagas y enfermedades durante los primeros días de cultivo y tener un manejo de las densidades de siembra (ej. tomate, chiltoma, cebolla, pepino, repollo lechuga y espinaca). En el caso de los productores que practican trasplante, el 50% preparan sus propios semilleros, 30% pagan por el servicio de germinación y 20% compra plántulas para directamente trasplantar. Algunas cooperativas de productores suministran las plántulas a sus socios, como en el caso de la Cooperativa Chagüite Grande de Jinotega.

Otros bienes y servicios que son ofertados en este eslabón de la cadena son los insumos para la producción como fertilizantes, plaguicidas, herbicidas, mallas, mulch y otros. Entre las principales casas comerciales proveedoras de insumos se puede mencionar Formunica, Agritrade, Ramac, Agroalfa, Cisaagro, Consuagro, DUWEST y RAMAC. En cuanto a los servicios de asistencia técnica, al igual que en las cadenas ya descritas; cabe destacar el rol de las instituciones

gubernamentales como MAG, MARENA, INTA y MEFCCA. Asimismo, muchas ONGs han colaborado en el desarrollo de las cadenas de valor de hortalizas, como Rikolto, AECID, USAID y COSUDE.

### **Acopio y procesamiento**

Tras la cosecha, los productores optan por diversas alternativas de comercialización según el volumen y calidad de su cosecha. A nivel de grandes productores, aquellos que se dedican exclusivamente a la producción optan por vender a empresas procesadoras o exportadoras. Los productores asociados venden a sus cooperativas, quienes, por lo general, cuentan con centros de acopio y en algunos casos hasta con cadena de frío. Las cooperativas por lo general venden a empresas procesadoras, supermercados o exportadores. Los lotes que no cumple con los estándares de calidad o que no llegan a los volúmenes necesarios para vender a través de estos canales, es comprada por intermediarios que revenden a los comerciantes en los mercados mayoristas.

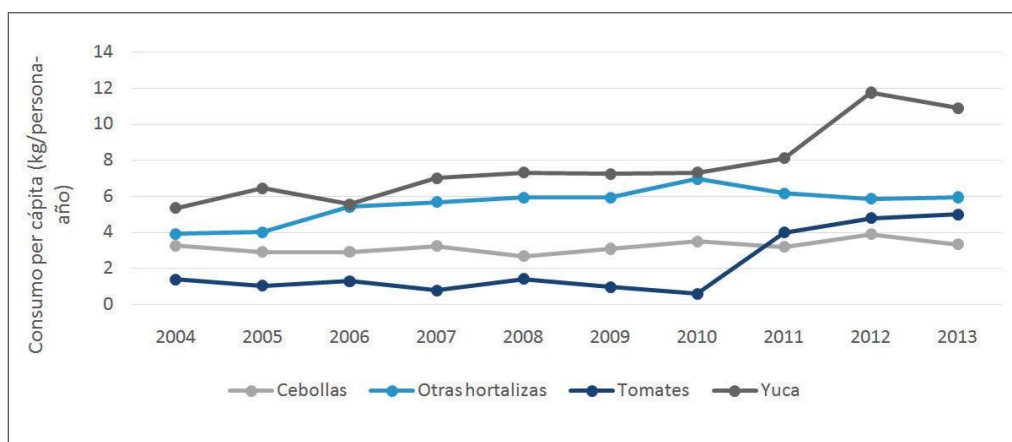
Los pequeños productores no asociados o aquellos que no cumplen con los estándares de calidad exigidos por los centros de acopio, venden el producto a intermediarios locales u optan por la venta directa en los mercados rurales; y en muy pocos casos, en los mercados mayoristas de las ciudades principales. Los intermediarios revenden el producto a mayoristas y en algunos casos a las mismas cooperativas o empresas acopiadoras. En este eslabón cabe destacar el rol de HORTIFRUTI, empresa privada que compra, procesa y comercializa frutas y verduras. La empresa ha trabajado en el desarrollo de convenios de compra y venta con asociaciones de pequeños productores, a quienes provee servicios de asistencia técnica, semillas y otros insumos para la producción. Para este fin, HORTIFRUTI ha establecido alianzas con ONGs con otras instituciones como Save the Children, ADRA y Technoserve (Pacheco et al., 2007).

Las hortalizas se comercializan mayormente como vegetales frescos, por lo que el eslabón de procesamiento se limita al empaque o la inserción del producto en cadena de frío en el caso de las hortalizas con corta vida de anaquel. Por otro lado, las hortalizas procesadas en los mercados locales son en su mayoría importadas, sobre todo los enlatados. Existen algunas industrias que procesan cebollas, chiles y tomates para la elaboración de salsas y encurtidos. También hay pequeñas empresas artesanales que se dedican a la elaboración de este tipo de productos. Entre las empresas procesadoras están Productos Torres Valle, Productos La Matagalpa, Productos Briomol, Doña Coco, El Buen Sazón y Coorfrutari. En el caso de la yuca, hay algunas empresas en el CSN que procesan el producto para la elaboración de chips o la extracción de almidón para harinas (Pacheco et al., 2007).

### Comercialización y consumo

El consumo per cápita de hortalizas en Nicaragua fue de 25,2 kg/persona-año, siendo la yuca el producto más consumido, seguido del tomate y la cebolla. El consumo per cápita incrementó en 80% en los últimos diez años de referencia (Figura 23), donde el incremento en el nivel de ingresos de la población y las tendencias de alimentación más saludable fueron factores que influenciaron esta tendencia. La producción nacional abastece el 75% de la demanda nacional. El remanente es importado, que en 2017 representó un valor de 14.8 millones de dólares, 25% más que en 2013. Las hortalizas más importadas son cebolla, papa, lechuga y coles; siendo los principales países de origen Holanda, Guatemala, China, Estados Unidos y Costa Rica.

**Figura 23.** Consumo per cápita de hortalizas en Nicaragua (2004-2013).



Fuente: FAO (2017)

## ANEXO 9. ANÁLISIS DE RIESGOS

Con el objetivo de medir la sensibilidad de los modelos seleccionados a cambios en los precios y costos de producción, se realizó una matriz de riesgos que considera la variación de la utilidad de los modelos propuestos en función de cambios porcentuales en los costos de producción y los ingresos. Ninguno de los tres modelos priorizados para cada escala de productor dejó de ser rentable, ni en el peor escenario planteado donde

se consideró una reducción un incremento en los costos de producción del 25% y una reducción de la misma proporción en los ingresos por venta (Tabla 58, Tabla 59 y Tabla 60). Se repitió el mismo análisis, pero considerando el costo de oportunidad de alquiler de la tierra de 429 USD/ha<sup>23</sup> por ciclo, pero incluso bajo este escenario la utilidad no llegó a ser negativa para ningún modelo (Tabla 61, Tabla 62 y Tabla 63).

23. Costo de alquiler de una hectárea para la producción de tabaco en la primera región. Obtenido de entrevistas con productores en octubre de 2018.

**Tabla 58.** Matriz de riesgos de cambio en la utilidad en función de un cambio porcentual en los costos y el precio de venta para los modelos de agricultura familiar de subsistencia.

Subsistencia Modelo 1												
		Cambio en costos										
		25%	20%	15%	10%	5%	0%	-5%	-10%	-15%	-20%	-25%
Cambio en ingresos	25%	69,435	75,827	82,218	88,610	95,002	101,393	107,785	114,177	120,568	126,960	133,352
	20%	67,672	74,064	80,456	86,847	93,239	99,631	106,022	112,414	118,806	125,197	131,589
	15%	65,909	72,301	78,693	85,085	91,476	97,868	104,260	110,651	117,043	123,435	129,826
	10%	64,147	70,538	76,930	83,322	89,714	96,105	102,497	108,889	115,280	121,672	128,064
	5%	62,384	68,776	75,167	81,559	87,951	94,343	100,734	107,126	113,518	119,909	126,301
	0%	60,621	67,013	73,405	79,796	86,188	92,580	98,971	105,363	111,755	118,147	124,538
	-5%	58,859	65,250	71,642	78,034	84,425	90,817	97,209	103,600	109,992	116,384	122,776
	-10%	57,096	63,488	69,879	76,271	82,663	89,054	95,446	101,838	108,229	114,621	121,013
	-15%	55,333	61,725	68,117	74,508	80,900	87,292	93,683	100,075	106,467	112,858	119,250
	-20%	53,571	59,962	66,354	72,746	79,137	85,529	91,921	98,312	104,704	111,096	117,487
-25%	51,808	58,200	64,591	70,983	77,375	83,766	90,158	96,550	102,941	109,333	115,725	
Subsistencia Modelo 3												
		Cambio en costos										
		25%	20%	15%	10%	5%	0%	-5%	-10%	-15%	-20%	-25%
Cambio en ingresos	25%	133,548	145,336	157,124	168,911	180,699	192,487	204,274	216,062	227,850	239,638	251,425
	20%	130,664	142,451	154,239	166,027	177,814	189,602	201,390	213,178	224,965	236,753	248,541
	15%	127,779	139,567	151,354	163,142	174,930	186,718	198,505	210,293	222,081	233,869	245,656
	10%	124,894	136,682	148,470	160,258	172,045	183,833	195,621	207,409	219,196	230,984	242,772
	5%	122,010	133,798	145,585	157,373	169,161	180,949	192,736	204,524	216,312	228,099	239,887
	0%	119,125	130,913	142,701	154,489	166,276	178,064	189,852	201,640	213,427	225,215	237,003
	-5%	116,241	128,029	139,816	151,604	163,392	175,180	186,967	198,755	210,543	222,330	234,118
	-10%	113,356	125,144	136,932	148,720	160,507	172,295	184,083	195,870	207,658	219,446	231,234
	-15%	110,472	122,260	134,047	145,835	157,623	169,411	181,198	192,986	204,774	216,561	228,349
	-20%	107,587	119,375	131,163	142,951	154,738	166,526	178,314	190,101	201,889	213,677	225,465
-25%	104,703	116,491	128,278	140,066	151,854	163,641	175,429	187,217	199,005	210,792	222,580	
Subsistencia Modelo 7												
		Cambio en costos										
		25%	20%	15%	10%	5%	0%	-5%	-10%	-15%	-20%	-25%
Cambio en ingresos	25%	183,457	201,726	219,995	238,264	256,533	274,802	293,071	311,340	329,609	347,878	366,146
	20%	177,419	195,688	213,957	232,226	250,495	268,764	287,032	305,301	323,570	341,839	360,108
	15%	171,381	189,650	207,918	226,187	244,456	262,725	280,994	299,263	317,532	335,801	354,070
	10%	165,342	183,611	201,880	220,149	238,418	256,687	274,956	293,225	311,493	329,762	348,031
	5%	159,304	177,573	195,842	214,111	232,379	250,648	268,917	287,186	305,455	323,724	341,993
	0%	153,265	171,534	189,803	208,072	226,341	244,610	262,879	281,148	299,417	317,686	335,954
	-5%	147,227	165,496	183,765	202,034	220,303	238,572	256,840	275,109	293,378	311,647	329,916
	-10%	141,189	159,458	177,726	195,995	214,264	232,533	250,802	269,071	287,340	305,609	323,878
	-15%	135,150	153,419	171,688	189,957	208,226	226,495	244,764	263,033	281,301	299,570	317,839
	-20%	129,112	147,381	165,650	183,919	202,187	220,456	238,725	256,994	275,263	293,532	311,801
-25%	123,073	141,342	159,611	177,880	196,149	214,418	232,687	250,956	269,225	287,494	305,762	

Valores expresados en Córdobas

**Tabla 59.** Matriz de riesgos de cambio en la utilidad en función de un cambio porcentual en los costos y el precio de venta para los modelos de agricultura familiar de transición.

Subsistencia Modelo 3												
		Cambio en costos										
		25%	20%	15%	10%	5%	0%	-5%	-10%	-15%	-20%	-25%
Cambio en ingresos	25%	1,157,019	1,254,250	1,351,480	1,448,710	1,545,941	1,643,171	1,740,401	1,837,632	1,934,862	2,032,092	2,129,323
	20%	1,136,924	1,234,154	1,331,384	1,428,615	1,525,845	1,623,075	1,720,306	1,817,536	1,914,766	2,011,997	2,109,227
	15%	1,116,828	1,214,058	1,311,289	1,408,519	1,505,749	1,602,980	1,700,210	1,797,440	1,894,671	1,991,901	2,089,131
	10%	1,096,732	1,193,963	1,291,193	1,388,423	1,485,654	1,582,884	1,680,114	1,777,345	1,874,575	1,971,805	2,069,036
	5%	1,076,637	1,173,867	1,271,097	1,368,328	1,465,558	1,562,788	1,660,019	1,757,249	1,854,479	1,951,710	2,048,940
	0%	1,056,541	1,153,771	1,251,002	1,348,232	1,445,462	<b>1,542,693</b>	1,639,923	1,737,153	1,834,384	1,931,614	2,028,844
	-5%	1,036,445	1,133,676	1,230,906	1,328,136	1,425,367	1,522,597	1,619,827	1,717,058	1,814,288	1,911,518	2,008,749
	-10%	1,016,350	1,113,580	1,210,810	1,308,041	1,405,271	1,502,501	1,599,732	1,696,962	1,794,192	1,891,423	1,988,653
	-15%	996,254	1,093,484	1,190,715	1,287,945	1,385,175	1,482,406	1,579,636	1,676,866	1,774,097	1,871,327	1,968,557
	-20%	976,158	1,073,389	1,170,619	1,267,849	1,365,080	1,462,310	1,559,540	1,656,771	1,754,001	1,851,231	1,948,462
-25%	956,063	1,053,293	1,150,523	1,247,754	1,344,984	1,442,214	1,539,445	1,636,675	1,733,905	1,831,136	1,928,366	
Subsistencia Modelo 5												
		Cambio en costos										
		25%	20%	15%	10%	5%	0%	-5%	-10%	-15%	-20%	-25%
Cambio en ingresos	25%	378,558	414,868	451,178	487,488	523,798	560,108	596,418	632,728	669,038	705,348	741,658
	20%	367,486	403,796	440,105	476,415	512,725	549,035	585,345	621,655	657,965	694,275	730,585
	15%	356,413	392,723	429,033	465,343	501,653	537,963	574,273	610,583	646,893	683,202	719,512
	10%	345,340	381,650	417,960	454,270	490,580	526,890	563,200	599,510	635,820	672,130	708,440
	5%	334,267	370,577	406,887	443,197	479,507	515,817	552,127	588,437	624,747	661,057	697,367
	0%	323,195	359,505	395,814	432,124	468,434	<b>504,744</b>	541,054	577,364	613,674	649,984	686,294
	-5%	312,122	348,432	384,742	421,052	457,362	493,672	529,982	566,292	602,602	638,912	675,222
	-10%	301,049	337,359	373,669	409,979	446,289	482,599	518,909	555,219	591,529	627,839	664,149
	-15%	289,976	326,286	362,596	398,906	435,216	471,526	507,836	544,146	580,456	616,766	653,076
	-20%	278,904	315,214	351,523	387,833	424,143	460,453	496,763	533,073	569,383	605,693	642,003
-25%	267,831	304,141	340,451	376,761	413,071	449,381	485,691	522,001	558,311	594,621	630,930	
Subsistencia Modelo 7												
		Cambio en costos										
		25%	20%	15%	10%	5%	0%	-5%	-10%	-15%	-20%	-25%
Cambio en ingresos	25%	1,273,169	1,400,708	1,528,247	1,655,786	1,783,324	1,910,863	2,038,402	2,165,941	2,293,480	2,421,019	2,548,558
	20%	1,230,508	1,358,047	1,485,586	1,613,125	1,740,663	1,868,202	1,995,741	2,123,280	2,250,819	2,378,358	2,505,897
	15%	1,187,847	1,315,386	1,442,925	1,570,464	1,698,003	1,825,541	1,953,080	2,080,619	2,208,158	2,335,697	2,463,236
	10%	1,145,186	1,272,725	1,400,264	1,527,803	1,655,342	1,782,880	1,910,419	2,037,958	2,165,497	2,293,036	2,420,575
	5%	1,102,525	1,230,064	1,357,603	1,485,142	1,612,681	1,740,219	1,867,758	1,995,297	2,122,836	2,250,375	2,377,914
	0%	1,059,864	1,187,403	1,314,942	1,442,481	1,570,020	<b>1,697,559</b>	1,825,097	1,952,636	2,080,175	2,207,714	2,335,253
	-5%	1,017,203	1,144,742	1,272,281	1,399,820	1,527,359	1,654,898	1,782,436	1,909,975	2,037,514	2,165,053	2,292,592
	-10%	974,542	1,102,081	1,229,620	1,357,159	1,484,698	1,612,237	1,739,775	1,867,314	1,994,853	2,122,392	2,249,931
	-15%	931,881	1,059,420	1,186,959	1,314,498	1,442,037	1,569,576	1,697,115	1,824,653	1,952,192	2,079,731	2,207,270
	-20%	889,220	1,016,759	1,144,298	1,271,837	1,399,376	1,526,915	1,654,454	1,781,992	1,909,531	2,037,070	2,164,609
-25%	846,559	974,098	1,101,637	1,229,176	1,356,715	1,484,254	1,611,793	1,739,331	1,866,870	1,994,409	2,121,948	

Valores expresados en Córdoba



**Tabla 60.** Matriz de riesgos de cambio en la utilidad en función de un cambio porcentual en los costos y el precio de venta para los modelos de agricultura familiar comercial.

Subsistencia Modelo 1												
		Cambio en costos										
		25%	20%	15%	10%	5%	0%	-5%	-10%	-15%	-20%	-25%
Cambio en ingresos	25%	2,660,270	2,905,979	3,151,688	3,397,397	3,643,105	3,888,814	4,134,523	4,380,232	4,625,941	4,871,649	5,117,358
	20%	2,591,913	2,837,622	3,083,330	3,329,039	3,574,748	3,820,457	4,066,166	4,311,874	4,557,583	4,803,292	5,049,001
	15%	2,523,555	2,769,264	3,014,973	3,260,682	3,506,390	3,752,099	3,997,808	4,243,517	4,489,226	4,734,934	4,980,643
	10%	2,455,198	2,700,907	2,946,615	3,192,324	3,438,033	3,683,742	3,929,451	4,175,159	4,420,868	4,666,577	4,912,286
	5%	2,386,840	2,632,549	2,878,258	3,123,967	3,369,676	3,615,384	3,861,093	4,106,802	4,352,511	4,598,220	4,843,928
	0%	2,318,483	2,564,192	2,809,901	3,055,609	3,301,318	<b>3,547,027</b>	3,792,736	4,038,444	4,284,153	4,529,862	4,775,571
	-5%	2,250,125	2,495,834	2,741,543	2,987,252	3,232,961	3,478,669	3,724,378	3,970,087	4,215,796	4,461,505	4,707,213
	-10%	2,181,768	2,427,477	2,673,186	2,918,894	3,164,603	3,410,312	3,656,021	3,901,730	4,147,438	4,393,147	4,638,856
	-15%	2,113,411	2,359,119	2,604,828	2,850,537	3,096,246	3,341,955	3,587,663	3,833,372	4,079,081	4,324,790	4,570,499
	-20%	2,045,053	2,290,762	2,536,471	2,782,179	3,027,888	3,273,597	3,519,306	3,765,015	4,010,723	4,256,432	4,502,141
-25%	1,976,696	2,222,404	2,468,113	2,713,822	2,959,531	3,205,240	3,450,948	3,696,657	3,942,366	4,188,075	4,433,784	
Subsistencia Modelo 5												
		Cambio en costos										
		25%	20%	15%	10%	5%	0%	-5%	-10%	-15%	-20%	-25%
Cambio en ingresos	25%	1,941,759	2,120,768	2,299,777	2,478,786	2,657,795	2,836,804	3,015,813	3,194,822	3,373,831	3,552,839	3,731,848
	20%	1,892,201	2,071,210	2,250,219	2,429,228	2,608,237	2,787,246	2,966,254	3,145,263	3,324,272	3,503,281	3,682,290
	15%	1,842,643	2,021,652	2,200,661	2,379,669	2,558,678	2,737,687	2,916,696	3,095,705	3,274,714	3,453,723	3,632,732
	10%	1,793,084	1,972,093	2,151,102	2,330,111	2,509,120	2,688,129	2,867,138	3,046,147	3,225,156	3,404,165	3,583,174
	5%	1,743,526	1,922,535	2,101,544	2,280,553	2,459,562	2,638,571	2,817,580	2,996,588	3,175,597	3,354,606	3,533,615
	0%	1,693,968	1,872,977	2,051,986	2,230,995	2,410,003	<b>2,589,012</b>	2,768,021	2,947,030	3,126,039	3,305,048	3,484,057
	-5%	1,644,410	1,823,418	2,002,427	2,181,436	2,360,445	2,539,454	2,718,463	2,897,472	3,076,481	3,255,490	3,434,499
	-10%	1,594,851	1,773,860	1,952,869	2,131,878	2,310,887	2,489,896	2,668,905	2,847,914	3,026,923	3,205,931	3,384,940
	-15%	1,545,293	1,724,302	1,903,311	2,082,320	2,261,329	2,440,338	2,619,346	2,798,355	2,977,364	3,156,373	3,335,382
	-20%	1,495,735	1,674,744	1,853,752	2,032,761	2,211,770	2,390,779	2,569,788	2,748,797	2,927,806	3,106,815	3,285,824
-25%	1,446,176	1,625,185	1,804,194	1,983,203	2,162,212	2,341,221	2,520,230	2,699,239	2,878,248	3,057,257	3,236,265	
Subsistencia Modelo 7												
		Cambio en costos										
		25%	20%	15%	10%	5%	0%	-5%	-10%	-15%	-20%	-25%
Cambio en ingresos	25%	7,394,579	8,116,251	8,837,923	9,559,595	10,281,268	11,002,940	11,724,612	12,446,284	13,167,956	13,889,629	14,611,301
	20%	7,165,878	7,887,551	8,609,223	9,330,895	10,052,567	10,774,239	11,495,912	12,217,584	12,939,256	13,660,928	14,382,601
	15%	6,937,178	7,658,850	8,380,523	9,102,195	9,823,867	10,545,539	11,267,211	11,988,884	12,710,556	13,432,228	14,153,900
	10%	6,708,478	7,430,150	8,151,822	8,873,494	9,595,167	10,316,839	11,038,511	11,760,183	12,481,855	13,203,528	13,925,200
	5%	6,479,777	7,201,450	7,923,122	8,644,794	9,366,466	10,088,139	10,809,811	11,531,483	12,253,155	12,974,827	13,696,500
	0%	6,251,077	6,972,749	7,694,422	8,416,094	9,137,766	<b>9,859,438</b>	10,581,110	11,302,783	12,024,455	12,746,127	13,467,799
	-5%	6,022,377	6,744,049	7,465,721	8,187,394	8,909,066	9,630,738	10,352,410	11,074,082	11,795,755	12,517,427	13,239,099
	-10%	5,793,677	6,515,349	7,237,021	7,958,693	8,680,365	9,402,038	10,123,710	10,845,382	11,567,054	12,288,727	13,010,399
	-15%	5,564,976	6,286,648	7,008,321	7,729,993	8,451,665	9,173,337	9,895,010	10,616,682	11,338,354	12,060,026	12,781,698
	-20%	5,336,276	6,057,948	6,779,620	7,501,293	8,222,965	8,944,637	9,666,309	10,387,981	11,109,654	11,831,326	12,552,998
-25%	5,107,576	5,829,248	6,550,920	7,272,592	7,994,264	8,715,937	9,437,609	10,159,281	10,880,953	11,602,626	12,324,298	

Valores expresados en Córdoba

**Tabla 61.** Matriz de riesgos de cambio en la utilidad en función del cambio porcentual en los costos y el precio de venta para los modelos de agricultura familiar de subsistencia, considerando el costo de oportunidad de alquiler de la tierra.

		Cambio en costos										
		25%	20%	15%	10%	5%	0%	-5%	-10%	-15%	-20%	-25%
Cambio en ingresos	25%	56,013	62,405	68,797	75,188	81,580	87,972	94,363	100,755	107,147	113,538	119,930
	20%	53,356	59,748	66,139	72,531	78,923	85,314	91,706	98,098	104,489	110,881	117,273
	15%	50,698	57,090	63,482	69,873	76,265	82,657	89,048	95,440	101,832	108,223	114,615
	10%	48,041	54,433	60,824	67,216	73,608	79,999	86,391	92,783	99,174	105,566	111,958
	5%	45,383	51,775	58,167	64,558	70,950	77,342	83,734	90,125	96,517	102,909	109,300
	0%	42,726	49,118	55,509	61,901	68,293	<b>74,684</b>	81,076	87,468	93,859	100,251	106,643
	-5%	40,069	46,460	52,852	59,244	65,635	72,027	78,419	84,810	91,202	97,594	103,985
	-10%	37,411	43,803	50,194	56,586	62,978	69,369	75,761	82,153	88,544	94,936	101,328
	-15%	34,754	41,145	47,537	53,929	60,320	66,712	73,104	79,495	85,887	92,279	98,670
	-20%	32,096	38,488	44,880	51,271	57,663	64,055	70,446	76,838	83,230	89,621	96,013
	-25%	29,439	35,830	42,222	48,614	55,005	61,397	67,789	74,180	80,572	86,964	93,355
	Subsistencia Modelo 3											
		Cambio en costos										
		25%	20%	15%	10%	5%	0%	-5%	-10%	-15%	-20%	-25%
Cambio en ingresos	25%	120,126	131,914	143,702	155,490	167,277	179,065	190,853	202,641	214,428	226,216	238,004
	20%	116,347	128,135	139,923	151,710	163,498	175,286	187,074	198,861	210,649	222,437	234,224
	15%	112,568	124,356	136,143	147,931	159,719	171,507	183,294	195,082	206,870	218,657	230,445
	10%	108,789	120,576	132,364	144,152	155,939	167,727	179,515	191,303	203,090	214,878	226,666
	5%	105,009	116,797	128,585	140,372	152,160	163,948	175,736	187,523	199,311	211,099	222,887
	0%	101,230	113,018	124,805	136,593	148,381	<b>160,169</b>	171,956	183,744	195,532	207,320	219,107
	-5%	97,451	109,238	121,026	132,814	144,602	156,389	168,177	179,965	191,753	203,540	215,328
	-10%	93,671	105,459	117,247	129,035	140,822	152,610	164,398	176,185	187,973	199,761	211,549
	-15%	89,892	101,680	113,468	125,255	137,043	148,831	160,618	172,406	184,194	195,982	207,769
	-20%	86,113	97,901	109,688	121,476	133,264	145,051	156,839	168,627	180,415	192,202	203,990
	-25%	82,334	94,121	105,909	117,697	129,484	141,272	153,060	164,848	176,635	188,423	200,211
	Subsistencia Modelo 7											
		Cambio en costos										
		25%	20%	15%	10%	5%	0%	-5%	-10%	-15%	-20%	-25%
Cambio en ingresos	25%	170,036	188,305	206,574	224,843	243,112	261,380	279,649	297,918	316,187	334,456	352,725
	20%	163,103	181,372	199,641	217,909	236,178	254,447	272,716	290,985	309,254	327,523	345,792
	15%	156,170	174,438	192,707	210,976	229,245	247,514	265,783	284,052	302,321	320,590	338,859
	10%	149,236	167,505	185,774	204,043	222,312	240,581	258,850	277,119	295,388	313,656	331,925
	5%	142,303	160,572	178,841	197,110	215,379	233,648	251,917	270,186	288,454	306,723	324,992
	0%	135,370	153,639	171,908	190,177	208,446	<b>226,715</b>	244,983	263,252	281,521	299,790	318,059
	-5%	128,437	146,706	164,975	183,244	201,512	219,781	238,050	256,319	274,588	292,857	311,126
	-10%	121,504	139,773	158,041	176,310	194,579	212,848	231,117	249,386	267,655	285,924	304,193
	-15%	114,571	132,839	151,108	169,377	187,646	205,915	224,184	242,453	260,722	278,991	297,260
	-20%	107,637	125,906	144,175	162,444	180,713	198,982	217,251	235,520	253,789	272,057	290,326
	-25%	100,704	118,973	137,242	155,511	173,780	192,049	210,318	228,586	246,855	265,124	283,393

Valores expresados en Córdoba

**Tabla 62.** Matriz de riesgos de cambio en la utilidad en función de un cambio porcentual en los costos y el precio de venta para los modelos de agricultura familiar de transición, considerando el costo de oportunidad de alquiler de la tierra.

Subsistencia Modelo 3												
		Cambio en costos										
		25%	20%	15%	10%	5%	0%	-5%	-10%	-15%	-20%	-25%
Cambio en ingresos	25%	1,074,253	1,171,483	1,268,714	1,365,944	1,463,174	1,560,405	1,657,635	1,754,865	1,852,096	1,949,326	2,046,556
	20%	1,048,640	1,145,870	1,243,100	1,340,331	1,437,561	1,534,791	1,632,022	1,729,252	1,826,482	1,923,713	2,020,943
	15%	1,023,026	1,120,257	1,217,487	1,314,717	1,411,947	1,509,178	1,606,408	1,703,638	1,800,869	1,898,099	1,995,329
	10%	997,413	1,094,643	1,191,873	1,289,104	1,386,334	1,483,564	1,580,795	1,678,025	1,775,255	1,872,486	1,969,716
	5%	971,799	1,069,030	1,166,260	1,263,490	1,360,721	1,457,951	1,555,181	1,652,412	1,749,642	1,846,872	1,944,103
	0%	946,186	1,043,416	1,140,646	1,237,877	1,335,107	<b>1,432,337</b>	1,529,568	1,626,798	1,724,028	1,821,259	1,918,489
	-5%	920,572	1,017,803	1,115,033	1,212,263	1,309,494	1,406,724	1,503,954	1,601,185	1,698,415	1,795,645	1,892,876
	-10%	894,959	992,189	1,089,420	1,186,650	1,283,880	1,381,111	1,478,341	1,575,571	1,672,802	1,770,032	1,867,262
	-15%	869,345	966,576	1,063,806	1,161,036	1,258,267	1,355,497	1,452,727	1,549,958	1,647,188	1,744,418	1,841,649
	-20%	843,732	940,962	1,038,193	1,135,423	1,232,653	1,329,884	1,427,114	1,524,344	1,621,575	1,718,805	1,816,035
-25%	818,119	915,349	1,012,579	1,109,810	1,207,040	1,304,270	1,401,501	1,498,731	1,595,961	1,693,192	1,790,422	
Subsistencia Modelo 5												
		Cambio en costos										
		25%	20%	15%	10%	5%	0%	-5%	-10%	-15%	-20%	-25%
Cambio en ingresos	25%	295,792	332,102	368,412	404,722	441,032	477,342	513,652	549,962	586,272	622,582	658,892
	20%	279,201	315,511	351,821	388,131	424,441	460,751	497,061	533,371	569,681	605,991	642,301
	15%	262,611	298,921	335,231	371,541	407,851	444,161	480,471	516,781	553,091	589,401	625,711
	10%	246,020	282,330	318,640	354,950	391,260	427,570	463,880	500,190	536,500	572,810	609,120
	5%	229,430	265,740	302,050	338,360	374,670	410,980	447,290	483,600	519,910	556,220	592,530
	0%	212,839	249,149	285,459	321,769	358,079	<b>394,389</b>	430,699	467,009	503,319	539,629	575,939
	-5%	196,249	232,559	268,869	305,179	341,489	377,799	414,109	450,419	486,729	523,039	559,349
	-10%	179,658	215,968	252,278	288,588	324,898	361,208	397,518	433,828	470,138	506,448	542,758
	-15%	163,068	199,378	235,688	271,998	308,308	344,618	380,928	417,238	453,548	489,858	526,167
	-20%	146,477	182,787	219,097	255,407	291,717	328,027	364,337	400,647	436,957	473,267	509,577
-25%	129,887	166,197	202,507	238,817	275,127	311,437	347,747	384,057	420,367	456,677	492,986	
Subsistencia Modelo 7												
		Cambio en costos										
		25%	20%	15%	10%	5%	0%	-5%	-10%	-15%	-20%	-25%
Cambio en ingresos	25%	1,190,402	1,317,941	1,445,480	1,573,019	1,700,558	1,828,097	1,955,636	2,083,175	2,210,714	2,338,252	2,465,791
	20%	1,142,224	1,269,763	1,397,302	1,524,840	1,652,379	1,779,918	1,907,457	2,034,996	2,162,535	2,290,074	2,417,613
	15%	1,094,045	1,221,584	1,349,123	1,476,662	1,604,201	1,731,739	1,859,278	1,986,817	2,114,356	2,241,895	2,369,434
	10%	1,045,866	1,173,405	1,300,944	1,428,483	1,556,022	1,683,561	1,811,100	1,938,639	2,066,177	2,193,716	2,321,255
	5%	997,688	1,125,226	1,252,765	1,380,304	1,507,843	1,635,382	1,762,921	1,890,460	2,017,999	2,145,538	2,273,076
	0%	949,509	1,077,048	1,204,587	1,332,126	1,459,664	<b>1,587,203</b>	1,714,742	1,842,281	1,969,820	2,097,359	2,224,898
	-5%	901,330	1,028,869	1,156,408	1,283,947	1,411,486	1,539,025	1,666,563	1,794,102	1,921,641	2,049,180	2,176,719
	-10%	853,151	980,690	1,108,229	1,235,768	1,363,307	1,490,846	1,618,385	1,745,924	1,873,463	2,001,001	2,128,540
	-15%	804,973	932,512	1,060,050	1,187,589	1,315,128	1,442,667	1,570,206	1,697,745	1,825,284	1,952,823	2,080,362
	-20%	756,794	884,333	1,011,872	1,139,411	1,266,950	1,394,488	1,522,027	1,649,566	1,777,105	1,904,644	2,032,183
-25%	708,615	836,154	963,693	1,091,232	1,218,771	1,346,310	1,473,849	1,601,387	1,728,926	1,856,465	1,984,004	

Valores expresados en Córdobas

**Tabla 63.** Matriz de riesgos de cambio en la utilidad en función de un cambio porcentual en los costos y el precio de venta para los modelos de agricultura familiar comercial, considerando el costo de oportunidad de alquiler de la tierra.

Subsistencia Modelo 1												
		Cambio en costos										
		25%	20%	15%	10%	5%	0%	-5%	-10%	-15%	-20%	-25%
Cambio en ingresos	25%	2,279,992	2,525,701	2,771,410	3,017,119	3,262,827	3,508,536	3,754,245	3,999,954	4,245,662	4,491,371	4,737,080
	20%	2,186,283	2,431,992	2,677,700	2,923,409	3,169,118	3,414,827	3,660,536	3,906,244	4,151,953	4,397,662	4,643,371
	15%	2,092,573	2,338,282	2,583,991	2,829,700	3,075,409	3,321,117	3,566,826	3,812,535	4,058,244	4,303,953	4,549,661
	10%	1,998,864	2,244,573	2,490,282	2,735,991	2,981,699	3,227,408	3,473,117	3,718,826	3,964,535	4,210,243	4,455,952
	5%	1,905,155	2,150,864	2,396,572	2,642,281	2,887,990	3,133,699	3,379,408	3,625,116	3,870,825	4,116,534	4,362,243
	0%	1,811,446	2,057,154	2,302,863	2,548,572	2,794,281	<b>3,039,989</b>	3,285,698	3,531,407	3,777,116	4,022,825	4,268,533
	-5%	1,717,736	1,963,445	2,209,154	2,454,863	2,700,571	2,946,280	3,191,989	3,437,698	3,683,407	3,929,115	4,174,824
	-10%	1,624,027	1,869,736	2,115,444	2,361,153	2,606,862	2,852,571	3,098,280	3,343,988	3,589,697	3,835,406	4,081,115
	-15%	1,530,318	1,776,026	2,021,735	2,267,444	2,513,153	2,758,862	3,004,570	3,250,279	3,495,988	3,741,697	3,987,406
	-20%	1,436,608	1,682,317	1,928,026	2,173,735	2,419,443	2,665,152	2,910,861	3,156,570	3,402,279	3,647,987	3,893,696
	-25%	1,342,899	1,588,608	1,834,316	2,080,025	2,325,734	2,571,443	2,817,152	3,062,860	3,308,569	3,554,278	3,799,987
Subsistencia Modelo 5												
		Cambio en costos										
		25%	20%	15%	10%	5%	0%	-5%	-10%	-15%	-20%	-25%
Cambio en ingresos	25%	1,561,481	1,740,490	1,919,499	2,098,508	2,277,517	2,456,526	2,635,535	2,814,544	2,993,553	3,172,561	3,351,570
	20%	1,486,571	1,665,580	1,844,589	2,023,598	2,202,607	2,381,616	2,560,625	2,739,633	2,918,642	3,097,651	3,276,660
	15%	1,411,661	1,590,670	1,769,679	1,948,688	2,127,697	2,306,705	2,485,714	2,664,723	2,843,732	3,022,741	3,201,750
	10%	1,336,751	1,515,760	1,694,769	1,873,777	2,052,786	2,231,795	2,410,804	2,589,813	2,768,822	2,947,831	3,126,840
	5%	1,261,841	1,440,849	1,619,858	1,798,867	1,977,876	2,156,885	2,335,894	2,514,903	2,693,912	2,872,921	3,051,930
	0%	1,186,930	1,365,939	1,544,948	1,723,957	1,902,966	<b>2,081,975</b>	2,260,984	2,439,993	2,619,002	2,798,011	2,977,020
	-5%	1,112,020	1,291,029	1,470,038	1,649,047	1,828,056	2,007,065	2,186,074	2,365,083	2,544,092	2,723,100	2,902,109
	-10%	1,037,110	1,216,119	1,395,128	1,574,137	1,753,146	1,932,155	2,111,164	2,290,172	2,469,181	2,648,190	2,827,199
	-15%	962,200	1,141,209	1,320,218	1,499,227	1,678,236	1,857,244	2,036,253	2,215,262	2,394,271	2,573,280	2,752,289
	-20%	887,290	1,066,299	1,245,308	1,424,317	1,603,325	1,782,334	1,961,343	2,140,352	2,319,361	2,498,370	2,677,379
	-25%	812,380	991,389	1,170,397	1,349,406	1,528,415	1,707,424	1,886,433	2,065,442	2,244,451	2,423,460	2,602,469
Subsistencia Modelo 7												
		Cambio en costos										
		25%	20%	15%	10%	5%	0%	-5%	-10%	-15%	-20%	-25%
Cambio en ingresos	25%	7,014,301	7,735,973	8,457,645	9,179,317	9,900,990	10,622,662	11,344,334	12,066,006	12,787,678	13,509,351	14,231,023
	20%	6,760,248	7,481,921	8,203,593	8,925,265	9,646,937	10,368,610	11,090,282	11,811,954	12,533,626	13,255,298	13,976,971
	15%	6,506,196	7,227,869	7,949,541	8,671,213	9,392,885	10,114,557	10,836,230	11,557,902	12,279,574	13,001,246	13,722,919
	10%	6,252,144	6,973,816	7,695,489	8,417,161	9,138,833	9,860,505	10,582,177	11,303,850	12,025,522	12,747,194	13,468,866
	5%	5,998,092	6,719,764	7,441,436	8,163,109	8,884,781	9,606,453	10,328,125	11,049,797	11,771,470	12,493,142	13,214,814
	0%	5,744,040	6,465,712	7,187,384	7,909,056	8,630,729	<b>9,352,401</b>	10,074,073	10,795,745	11,517,418	12,239,090	12,960,762
	-5%	5,489,988	6,211,660	6,933,332	7,655,004	8,376,676	9,098,349	9,820,021	10,541,693	11,263,365	11,985,038	12,706,710
	-10%	5,235,935	5,957,608	6,679,280	7,400,952	8,122,624	8,844,296	9,565,969	10,287,641	11,009,313	11,730,985	12,452,658
	-15%	4,981,883	5,703,555	6,425,228	7,146,900	7,868,572	8,590,244	9,311,917	10,033,589	10,755,261	11,476,933	12,198,605
	-20%	4,727,831	5,449,503	6,171,175	6,892,848	7,614,520	8,336,192	9,057,864	9,779,537	10,501,209	11,222,881	11,944,553
	-25%	4,473,779	5,195,451	5,917,123	6,638,796	7,360,468	8,082,140	8,803,812	9,525,484	10,247,157	10,968,829	11,690,501

Valores expresados en Córdobas

## Anexo 10. Taller FODA

El presente anexo presenta los resultados del taller FODA, el cual se divide en dos segmentos. El primer segmento corresponde al FODA de sistemas de GIRH dirigidos a familias protagonistas con potencial acceso al recurso hídrico, mientras el segundo se enfoca en sistemas de GIRH para familias protagonistas con acceso limitado al recurso hídrico. Asimismo, se presentan los resultados del ejercicio de priorización participativa (Tabla 64 y Tabla 65), donde se categorizan los aspectos más relevantes en función de la importancia que tiene para la población objetivo y el impacto potencial que podría tener a futuro.

### Ejercicio FODA para Sistemas de GIRH para familias productoras con acceso a fuentes de agua

#### Fortalezas

##### • Institucionales:

• **Coordinación entre las instituciones del SNPCC:** El SNPCC fomenta iniciativas conjuntas entre MEFCCA, MAG, INTA, MARENA, INAFOR, IFIC, ENABAS e INPESCA.

• **Voluntad política:** Hay la voluntad por parte del GRUN en la implementación y financiamiento de sistemas de cosecha de agua y otras tecnologías relacionadas a la GIRH en el CSN.

• **Centros de Investigación:** Hay presencia de centros de investigación nacional e internacional con personal capacitado y llevando a cabo trabajos de investigación relacionados a la GIRH en el CSN.

##### • Tecnológicas y productivas:

• **Germoplasma adaptado:** Disponibilidad de germoplasma mejorado y adaptado a las condiciones del CSN.

##### • **Reducción del estrés hídrico de los cultivos:**

Los sistemas de cosecha de agua y riego pueden reducir el estrés hídrico de los cultivos y pasturas, e incrementar la productividad de los cultivos y la producción animal. Asimismo, con riego se puede producir durante la época seca.

##### • **Adecuados para pequeños productores:**

Los sistemas de cosecha de agua son aptos para la instalación sistemas de riego de pequeña escala.

##### • Humanas:

• **Experiencia de los productores:** Los productores en el CSN tienen experiencia en la producción agropecuaria bajo condiciones de estrés hídrico.

• **Experiencia en GIRH:** A través de experiencias pasadas, INTA cuenta con una amplia experiencia en sistemas de cosechas de agua y GIRH.

##### • Ambientales:

• **Aprovechamiento de las microcuencas:** Se puede utilizar el enfoque de microcuencas para la identificación de sitios potenciales para la captura del escurrimiento superficial.

• **Sistemas útiles para incrementar la recarga de acuíferos confinados y semi-confinados:** Los sistemas de cosecha de agua pueden contribuir a la recarga de acuíferos al reducir la escorrentía.

##### • Socioeconómicas:

• **Organización de productores:** Algunos productores están organizados a través de las FIITs y los Bancos Comunitarios de Semillas.

• **Demanda de alimentos:** Existen una demanda a suplir en el mercado local.

- **Mayor generación de ingresos:** Al incrementar la productividad y diversificar la matriz productiva se puede generar más ingresos para las familias productoras.

### Oportunidades

#### • Institucionales:

- **Desarrollar una agenda de investigación:** La implementación de sistemas de cosecha de agua contribuiría al desarrollo de una agenda de investigación enfocada en el manejo eficiente de riego y la estimación de las necesidades hídricas de los cultivos.

- **Generación de nuevas iniciativas y fuentes de financiamiento:** Desarrollar experiencias positivas que permitan el escalamiento de proyectos relacionados a la cosecha de agua.

#### • Tecnológicas y productivas:

- **Incremento en la producción:** Los sistemas de cosecha de agua permitirían producir en épocas secas e incrementar los rendimientos.

- **Adopción de tecnologías:** La disponibilidad de agua facilitaría la adopción de tecnologías disponibles y validadas para la gestión y uso del recurso hídrico que no están siendo implementadas.

- **Establecimiento de mini-distritos de riego para las comunidades y rehabilitación de infraestructura existente.**

- **Existencia de metodologías y tecnologías:** Actualmente existen tecnología que facilitan la selección de sitio y construcción de reservorios, reduciendo los costos y mejoran la eficiencia de los reservorios.

#### • Ambientales:

- **Oferta de precipitación:** El exceso de precipitación en meses lluviosos y la consecuente generación de escorrentía es apta para la cosecha de agua.

- **Desarrollo de conciencia para la conservación y protección del recurso hídrico:** Al acceder al recurso hídrico y beneficiarse del mismo para la irrigación, los productores generarían más conciencia sobre el uso adecuado del recurso y la protección de cuencas.

- **Aplicación de prácticas ambientales:** La irrigación podría complementarse con la implementación de prácticas vinculadas a la producción agrícola que contribuyan a mejorar la calidad de las fuentes de agua.

#### • Humanas:

- **Desarrollo de programas de formación académica e investigación relacionados a la GIRH.**

- **Capacitación de personal:** Formación de personal experto en sistemas de cosecha de agua y riego.

- **Alcance de las redes sociales:** Utilizar las redes sociales para la difusión de información.

- **Sistematización de experiencias generadas:** Oportunidad para recopilar y analizar las experiencias pasadas en cosecha de agua a miras de fortalecer la vinculación de actores.

- **Incrementar la capacidad de adaptación de los productores a los efectos del cambio climático:** La disponibilidad de agua para riego reduce la vulnerabilidad de los productores a los efectos del cambio climático.

- **Voluntad de los productores:** Existe la disposición de los productores para adoptar tecnologías y prácticas que mejoren la producción.

- Socioeconómicas:

- **Diversificación de la matriz productiva:** El acceso a riego permitiría diversificar la producción al reducir el riesgo, permitiéndole a los productores producir cultivos de alto valor comercial.

- **Generación de nuevas fuentes de empleo:** El incremento de la producción generaría más empleos y mejoraría en el nivel de vida de las comunidades.

- **Vinculación futura a mercados:** Al diversificar la producción se podría acceder a nuevos mercados a nivel nacional e internacional.

### *Debilidades*

- Institucionales:

- **Ausencia de normas que regulen el uso de agua:** No existen normas que regulen la cantidad de agua a irrigar en diferentes sistemas productivos.

- **Falta de coordinación interinstitucional de las organizaciones trabajando en el CSN:** Muchas organizaciones no se vinculan y se repiten esfuerzos.

- **Carencia en leyes y regulaciones relacionadas a la construcción y uso de reservorios:** Hace faltan leyes que regulen la construcción de reservorio, así como mejorar la aplicación de las ya existentes.

- Tecnológicas y productivas:

- **Conocimiento sobre la demanda hídrica de los cultivos:** Los productores carecen de

conocimientos sobre el suministro adecuado para los diferentes cultivos y sobre prácticas agrícolas para el uso eficiente del recurso hídrico.

- Baja adopción y funcionamiento limitado de los sistemas de riego existentes.

- **Errores en la construcción y diseño de los reservorios:** No se concuerda la dimensión de las obras con la demanda de agua en las fincas, inadecuada selección de sitio y de protagonistas y no se toman en cuenta factores para abaratar los costos de obra.

- **Selección de cultivos:** No se consideran los cultivos más apropiados en función de la productividad y rentabilidad al momento de seleccionar los cultivos a regar

- **Dimensionamiento de las obras e impacto:** Las dimensiones de las obras no llegan a generar impactos significativos en la producción.

- **Selección de sistemas de riego:** Inadecuada selección y diseño de sistemas de riego que no consideran las características de los sistemas a irrigar. No se consideran las diferencias de presiones para la operación de los sistemas.

- Ambientales:

- Uso desproporcionado del recurso hídrico en la producción agropecuaria.

- **Enfoque de cuencas:** No se considera el enfoque de cuencas para el mantenimiento y conservación del recurso hídrico.

- Humanas:

- **Oferta de personal para la construcción de reservorios:** Falta de empresas, personal capacitado y conocimiento para la construcción de obras de cosecha de agua.

- **Asistencia técnica:** Carencia de asesores técnicos que orienten al productor sobre el diseño, preparación, uso y mantenimiento de los sistemas de riego. Los productores no reciben asistencia técnica con respecto al uso del agua capturada a través de sistemas de riego.

- **Poca organización de los productores:** Los productores no están organizados en torno a la construcción y explotación de reservorios de uso común.

- Socioeconómicas:

- **Falta de financiamiento:** No hay financiamiento garantizado ni a largo plazo para la construcción de obras para la captación de agua.

### Amenazas

- Institucionales:

- **Visión de corto plazo de los proyectos de desarrollo:** No se da seguimiento a largo plazo ni asistencia técnica. Los proyectos se enfocan mucho en generar impacto a través de la cantidad de beneficiarios, pero no de la adopción y funcionamiento de la tecnología.

- **Distorsión conceptual de la tecnología:** Las experiencias negativas en la implementación de proyectos de cosecha de agua generan desconfianza en los productores.

- Ambientales:

- **Cambios en el uso del suelo:** La deforestación y plagas forestales que pueden afectar la captura de agua.

- **Contaminación de agua:** La contaminación de fuentes de agua y suelo puede provocar que el agua capturada no sea apta para riego o para producción de peces en los reservorios.

- Uso desproporcionado del recurso hídrico capturado.

- **Cambio climático:** El cambio climático puede afectar los patrones de precipitación.

- Humanas:

- **Resistencia al cambio:** Algunos productores se resisten a implementar nuevas tecnologías y al cambio de sistemas de secano a riego por parte de los productores.

- **Relevo generacional:** Las nuevas generaciones no están interesadas en continuar trabajando en la agricultura, ya que se sienten más atraídos por otras industrias y por oportunidades laborales en áreas urbanas.

- Socioeconómicas:

- **Falta de financiamiento:** No hay financiamiento garantizado ni a largo plazo para la construcción de obras para la captación de agua.

### Ejercicio FODA para sistemas de GIRH para familias productoras con acceso limitado a fuentes de agua

#### Fortalezas

- Institucionales:

- **Investigación en agricultura de conservación:** INTA cuenta con una línea de investigación en agricultura de conservación, con un portafolio de tecnologías y prácticas validadas a nivel del CSN.

- **Coordinación entre las instituciones del SNPCC:** El SNPCC fomenta iniciativas conjuntas entre MEFCCA, MAG, INTA, MARENA, INAFOR, IFIC, ENABAS e INPESCA.



• Tecnológicas y productivas:

• **Disponibilidad de tecnología accesible para los protagonistas:** Existen materiales criollos y acriollados de ciclo corto, así como germoplasma mejorado de calidad y con tolerancia a estrés hídrico.

• **Germoplasma adaptado:** Disponibilidad de germoplasma mejorado y adaptado a las condiciones del CSN.

• Ambientales:

• **Disponibilidad de precipitación:** La precipitación en la época lluviosa puede ser retenida con prácticas de manejo.

• **Condiciones topográficas:** Las condiciones topográficas en gran parte del CSN son adecuadas para la captura y almacenamiento de agua.

• Humanas:

• **Experiencia de los productores:** Los productores en el CSN tienen experiencia en la producción agropecuaria bajo condiciones de estrés hídrico.

• Socioeconómicas:

• **Bajo costo de implementación:** Las prácticas para incrementar la retención de agua en el suelo son fáciles de implementar y no requieren de grandes inversiones.

## Oportunidades

• Institucionales:

• **Desarrollo de programas de investigación e innovación tecnológica:** Oportunidad para desarrollar programas de investigación e incorporar a los existentes el desarrollo, validación y difusión tecnologías para el manejo y conservación de suelos y agua.

• Tecnológicas y productivas:

• **Variedades criollas:** Rescate, difusión y adopción de variedades criollas y mejoradas con tolerancia a sequía.

• **Datos meteorológicos:** Incrementar la disponibilidad de datos meteorológicos y modernizar su disseminación a través de los sistemas agro meteorológicos disponibles (fomentar el desarrollo de aplicaciones móviles para la obtención de información agroclimática y otros sistemas de alerta temprana que reduzcan los riesgos de pérdidas en la producción por eventos climáticos).

• Desarrollo y adopción de tecnologías y prácticas para la producción en zonas secas.

• Ambientales:

• **Desarrollo de conciencia para la conservación y protección del recurso hídrico:** Al acceder al recurso hídrico y beneficiarse del mismo para la producción, los productores generarían más conciencia sobre el uso adecuado del recurso y la protección de cuencas.

• Oferta de precipitación. El exceso de precipitación en meses lluviosos es ideal para almacenar agua en el suelo y usarla en la producción.

• Socioeconómicas:

• **Mayor generación de ingresos:** Al incrementar la productividad y diversificar la matriz productiva se puede generar más ingresos para las familias productoras.

• **Generar valor agregado:** Un incremento en la productividad fomentaría el desarrollo de las cadenas de valor e incentivaría a trabajar en la generación de valor agregado de los productos agropecuarios.

## Debilidades

### • Institucionales:

• Ausencia de leyes que promuevan la conservación y el uso sostenible del recurso hídrico en la agricultura.

• **Estado legal de las propiedades:** La situación legal de muchas propiedades es irregular, lo que limita la adopción de prácticas e inversión en tecnologías por parte de los productores.

### • Tecnológicas y productivas:

• **Baja adopción de obras de conservación de suelos y agua:** En el CSN la implementación de BPAs es muy baja.

• **Bajo uso de germoplasma de alta calidad:** Limitado uso de material mejorado y apto para las condiciones del CSN y de semillas de calidad.

• **Baja cobertura de la red meteorológica y limitado acceso a datos:** El acceso a datos meteorológicos es esencial para la toma de decisiones. Si bien el INETER cuenta con estos datos, el acceso a los mismos es limitado y están disponibles para todo el territorio.

### • Humanas:

• **Indiferencia:** El poco interés de los distintos actores (instituciones gubernamentales, ONGs, donantes, productores) a cambiar la situación actual.

## Amenazas

### • Institucionales:

• **Adaptar las leyes a las condiciones locales:** Existe el riesgo de que las leyes para el uso de agua no se adapten a las cambiantes necesidades de los productores para afrontar el cambio climático.

• **Exclusión de las zonas más vulnerables:** Que futuros programas de desarrollo no incluyan a las zonas más vulnerables en el CSN por su baja disponibilidad de agua.

• **Limitada presencia de instituciones:** No hay muchas instituciones trabajando en la gestión del recurso hídrico y del suelo en el CSN.

### • Humanas:

• **Ocurrencia de factores que limiten la adopción de tecnologías:** Diversos factores como inestabilidad económica o ausencia de mercados pueden afectar la adopción de los sistemas propuestos.

### • Socioeconómicas:

• **Falta de financiamiento:** No hay financiamiento garantizado ni a largo plazo para la construcción de obras para la implementación y difusión de tecnologías.

• **Riesgo de inseguridad alimentaria:** Que los agricultores no adopten las prácticas por priorizar la cobertura de necesidades básicas de alimentación.

## Priorización de elementos identificados

**Tabla 64.** Elementos priorizados para sistemas de GIRH aptos para familias productoras con acceso a agua en función de la importancia y el impacto potencial en la población objetivo.

<b>Fortalezas</b>	<b>Importancia</b>	<b>Impacto potencial</b>	<b>Debilidades</b>	<b>Importancia</b>	<b>Impacto potencial</b>
<b>Sistemas útiles para incrementar la recarga de acuíferos</b>	4		Selección de cultivos	2	1
<b>Reducción del estrés hídrico de los cultivos</b>	1	2	Dimensionamiento de las obras e impacto	2	
<b>Coordinación entre las instituciones del SNPCC</b>		3	Uso desproporcionado del recurso hídrico	1	1
<b>Organización de productores</b>		3	Errores en la construcción y diseño de los reservorios	1	
<b>Germoplasma adaptado</b>		1	Falta de financiamiento	1	
			Conocimiento sobre la demanda hídrica de los cultivos		1
			Oferta de personal para la construcción de reservorios		1
			Asistencia técnica		1
<b>Oportunidades</b>	<b>Importancia</b>	<b>Impacto potencial</b>	<b>Amenazas</b>	<b>Importancia</b>	<b>Impacto potencial</b>
<b>Generación de nuevas fuentes de empleo</b>	4		Falta de financiamiento		6
<b>Diversificación de la matriz productiva</b>		4	Relevo generacional	3	1
<b>Incrementar la capacidad de adaptación de los productores a los efectos del cambio climático</b>	1		Contaminación de agua	2	

<b>Desarrollo de programas de formación académica e investigación</b>	1	1	Cambios en el uso del suelo	1	
	1		Visión de corto plazo de los proyectos de desarrollo	1	
			Uso desproporcionado del recurso hídrico capturado		1
			Oferta de personal para la construcción de reservorios		1
			Asistencia técnica		1

**Tabla 65.** Elementos priorizados para sistemas de GIRH aptos para familias productoras con acceso limitado a agua en función de la importancia y el impacto potencial en la población objetivo.

<b>Fortalezas</b>	<b>Importancia</b>	<b>Impacto potencial</b>	<b>Debilidades</b>	<b>Importancia</b>	<b>Impacto potencial</b>
<b>Investigación en agricultura de conservación</b>	7	1	Baja adopción y funcionamiento limitado de los sistemas de riego existentes	4	3
<b>Germoplasma adaptado</b>		5	Bajo uso de germoplasma de alta calidad	1	1
<b>Experiencia de los productores</b>		2	Estado legal de las propiedades		1
<b>Fortalezas</b>	<b>Importancia</b>	<b>Impacto potencial</b>	<b>Amenazas</b>	<b>Importancia</b>	<b>Impacto potencial</b>
<b>Desarrollo de programas de formación académica e investigación</b>	2	2	Falta de financiamiento	4	4
<b>Oferta de precipitación</b>	3		Ocurrencia de factores que limiten la adopción de tecnologías	4	3
<b>Variedades criollas</b>		1			

## Secretaría Técnica Administrativa



Con el apoyo de:



[www.fontagro.org](http://www.fontagro.org)

FONTAGRO  
Banco Interamericano de Desarrollo  
1300 New York Avenue, NW, Stop  
W0502, Washington DC 20577  
Correo electrónico: [fontagro@iadb.org](mailto:fontagro@iadb.org)