Sistematización de experiencias del Concurso Innova Verde

Concurso Innova Verde

ejecutado por Fundecooperación y Financiado por la Cooperación Alemana para el Desarrollo (GIZ)



Proyecto "INNOVA SOL"
Región Huetar Norte, Costa Rica

TRANSFORMA-INNOVA

El Concurso de Ideas INNOVAVERDE – Edición Ganadería fue liderado por la Fundación Fundecooperación para el Desarrollo Sostenible en el marco del programa TRANSFORMA-INNOVA: "Rutas Transformadoras de Baja Emisión de Carbono y Resiliente al Clima en Costa Rica: Agricultura Climáticamente Inteligente y Cadenas de Valor". Este programa promueve la transformación de los sistemas de producción agropecuaria (café, ganadería y musáceas) y azul hacia cadenas de valor sostenibles, biodiversas, bajas en carbono y resilientes al clima en Costa Rica.

El programa TRANSFORMA-INNOVA es co-financiado por la Unión Europea junto al Ministerio Federal de Economía y Protección del Clima (BMWK) y el Ministerio de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza y Protección de los Consumidores (BMUV) de Alemania, a través de la Iniciativa Climática Internacional (IKI). Además, es implementado en coordinación con el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), y ejecutado por la Cooperación Alemana para el Desarrollo (GIZ), el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Conservación Internacional (CI-CR), el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), la Fundación Costa Rica Estados Unidos para la Cooperación (CRUSA) y la Fundación Banco Ambiental (FUNBAM)

TRANSFORMA-INNOVA

Fundecooperación para el Desarrollo Sostenible

Equipo de coordinación técnica:
José Fabio Sojo

Elaborado por:
Monarka Consultores

EN COORDINACIÓN CON:

MINISTERIO DE AMBIENTE Y ENERGÍA | GOBIERNO DE COSTA RICA / MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA / INSTITUTO COSTARRICENSE PESCA Y ACUICULTURA / SISTEMA NACIONAL DE ÁREAS DE CONSERVACIÓN / DIRECCIÓN DE CAMBIO CLIMÁTICO

COFINANCIADO POR:

Unión Europea

Por encargo de: Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección del Clima, Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear de la República Federal de Alemania

IKI INTERNATIONAL CLIMATE INITIATIVE

IMPLEMENTADO POR:

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

CATIE Solutions for the Inclusive Green Development / Soluciones para el Desarrollo Verde Inclusivo

CONSERVACIÓN INTERNACIONAL Costa Rica

CRUSA

FUNBAM

PNUD

I.Resumen

El proyecto INNOVASOL, desarrollado en la Finca La Guadalupana en Boca Cureña de Sarapiquí, se enfocó en fortalecer la sostenibilidad y resiliencia del sistema ganadero familiar mediante la adopción de tecnologías apropiadas y prácticas regenerativas adaptadas al contexto rural. A través de la implementación de un biodigestor para el manejo de excretas, un sistema de riego por purines, mejoras en la red hídrica y el uso de energía solar para el abastecimiento de agua y funcionamiento de cercas eléctricas, el proyecto promovió un aprovechamiento más eficiente de los recursos disponibles en la finca, reduciendo la dependencia de insumos externos y contribuyendo a la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero. Como resultado, se evidenciaron mejoras en la infraestructura productiva, el manejo del forraje y la disponibilidad de agua para el ganado, lo que permitió optimizar las labores diarias de ordeño y alimentación, así como fortalecer la autonomía energética y operativa del sistema productivo. Estas acciones facilitaron la continuidad de actividades de valor agregado, como la producción de queso, aun en condiciones de acceso limitado a servicios básicos. En conjunto, la experiencia demuestra que la integración de soluciones tecnológicas de bajo mantenimiento, acompañadas de una gestión familiar organizada, puede mejorar la eficiencia productiva, reducir costos operativos y aumentar la resiliencia de fincas ganaderas de pequeña escala frente a la variabilidad climática.

Palabras clave: ganadería resiliente, tecnología, integración familiar, reducción de emisiones, sostenibilidad, variabilidad climática.







II. Contexto

En el marco del Programa "TRANSFORMA INNOVA: Rutas transformadoras de baja emisión en carbono y resilientes al clima en Costa Rica", se trabaja con el sector de la ganadería bovina en la implementación de mejoras en los sistemas de producción, con el objetivo de avanzar hacia cadenas de valor más sostenibles y con mayor capacidad de adaptación a la variabilidad climática. Estas acciones aportan al cumplimiento de las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC) del país y al Plan Nacional de Descarbonización, mediante la incorporación de prácticas productivas que reducen emisiones y fortalecen la resiliencia de las fincas.

El programa es de carácter multidonante y cuenta con el apoyo del Ministerio Federal de Economía y Protección del Clima (BMWK) y del Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza, Seguridad Nuclear, Unión Europea y Protección de los Consumidores (BMUV) de Alemania, a través de la Iniciativa Climática Internacional (IKI). En este contexto, el concurso

INNOVA VERDE realizó una convocatoria abierta dirigida a personas productoras del sector ganadero bovino con propuestas innovadoras y con potencial para contribuir a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Como resultado de este proceso, se seleccionaron y financiaron 20 proyectos, orientados a poner en práctica y validar medidas que puedan ser replicadas en otras fincas.

La gestión e implementación del concurso estuvo a cargo de Fundecooperación para el Desarrollo Sostenible, entidad responsable del proceso de selección y del acompañamiento técnico a las personas productoras durante la ejecución de los proyectos. El trabajo de Fundecooperación se orienta a facilitar el acceso a financiamiento y asistencia técnica para iniciativas productivas que incorporan criterios de sostenibilidad ambiental, con el fin de generar impactos positivos a nivel local y contribuir al desarrollo del país.



III. Justificación

La reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y la adaptación al cambio climático en el sector ganadero constituyen acciones clave para avanzar hacia sistemas productivos más competitivos, sostenibles y resilientes. A nivel global, la FAO (2018) señala que los productos ganaderos representan una proporción significativa de las emisiones de GEI del sistema alimentario, asociadas principalmente a la producción de alimento, la fermentación entérica, el manejo de residuos animales y los cambios en el uso del suelo.

En Costa Rica, la ganadería bovina es una de las principales fuentes de emisiones dentro del sector agropecuario. De acuerdo con el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (2021), el sector ganadero genera el 69,3% de las emisiones del sector agricultura, el cual a su vez representa aproximadamente el 22% del total nacional de emisiones (IMN, 2021).

De forma paralela, los sistemas ganaderos son altamente vulnerables a los efectos de la variabilidad y el cambio climático. El aumento de la temperatura, la alteración de los patrones de precipitación y la mayor frecuencia de sequías y eventos extremos afectan directamente la disponibilidad y calidad de los forrajes, la productividad animal, la reproducción y la salud del hato (Villanueva, Ibrahim & Castillo, 2023). En este contexto, resulta indispensable integrar de manera conjunta medidas de mitigación y adaptación en la gestión de las fincas ganaderas:

El cambio climático tiene impactos tanto directos como indirectos en los medios de vida y los sistemas de producción ganadera en los países de ingresos bajos y medios. Los impactos directos incluyen estrés térmico, inundaciones y otros fenómenos meteorológicos extremos que afectan a los activos ganaderos y a los sistemas alimentarios (Bashiru at al, 2025; mencionando a Godde et al, 2021)
La adopción de prácticas como la gestión y tratamiento de purines en fincas lecheras para su aspersión controlada en pastos mejorados y el tratamiento de la boñiga mediante biodigestores, permite reducir la generación de emisiones de GEI, al mismo tiempo, genera co-beneficios en la reducción de la vulnerabilidad climática. Estas prácticas contribuyen a mejorar la eficiencia en el uso de nutrientes, disminuir las emisiones de metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O) asociadas al manejo de excretas, y reducir la intensidad de emisiones por unidad de producto, fortaleciendo la sostenibilidad y resiliencia del sistema ganadero (FAO, 2019).

Según Bardales (2024), la utilización de técnicas dónde se reemplacen los fertilizantes químicos de las pasturas con el uso de purines permite que se beneficien el suelo al absorber nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio, y también, reduce costos operativos en insumos hasta en un 30%.

En este contexto, resulta pertinente impulsar proyectos que integren de manera práctica la mitigación y la adaptación al cambio climático en la gestión cotidiana de las fincas ganaderas, mediante soluciones técnicamente viables y acordes con la escala productiva.

IV. Proyecto INNOVA SOL

El proyecto INNOVA SOL se desarrolló con el objetivo de fortalecer la producción y sostenibilidad de la Finca La Guadalupana, la cual cuenta con una extensión aproximada de 37 hectáreas, de las cuales 25 se destinan a las actividades productivas. En el marco del proyecto, esta área fue organizada en 27 apartos para el manejo de un hato de 40 animales, permitiendo implementar un sistema de pastoreo más controlado y eficiente. Esta finca se encuentra ubicada en Boca Cureña, Sarapiquí, con un limitado acceso. Esta distribución facilita ajustar la carga animal según la disponibilidad de forraje en cada potrero, establecer tiempos adecuados de ocupación y descanso de las pasturas, y mejorar el acceso al agua y a la suplementación. En conjunto, esta organización del espacio productivo contribuye a optimizar el uso del recurso forrajero, prevenir el sobrepastoreo y fortalecer la resiliencia del sistema ganadero frente a condiciones climáticas variables. La gestión de la finca está a cargo de Ivannia Urbina Oporta y su familia, quienes comparten de manera organizada las labores productivas, operativas y de mantenimiento, asegurando la continuidad del sistema ganadero.

El proyecto contó con la implementación de cinco líneas de trabajo prioritarias, orientadas a mejorar la eficiencia productiva, el manejo de los recursos y la resiliencia del sistema ganadero, tales como:

- **Mejora de la productividad de la finca**
- **Ampliación de la infraestructura del corral**
- **Uso de tecnologías para la reutilización de material orgánico provenientes de excretas del ganado**
- **Intervención y mejoras en las áreas de apartos**
- **Mejora en el acceso de agua para el ganado**
- **Implementación de bomba de agua con sistema solar**

La finca opera bajo un sistema de ganadería de doble propósito, con énfasis en la producción de leche. Dadas las características genéticas del hato, las crías se aprovechan para su venta una vez alcanzada la etapa inicial de desarrollo. Adicionalmente, la finca produce aproximadamente 45 kilogramos de queso por semana, los cuales se comercializan a través de un intermediario local, generando un ingreso complementario para la familia.

Debido a la ausencia de conexión a la red eléctrica, el funcionamiento de la cerca eléctrica y del equipo de enfriamiento utilizado en la elaboración del queso se apoya en un sistema de paneles solares previamente instalado en la finca, incluyendo una bomba de agua con sistema de energía solar que permite garantizar el abastecimiento hídrico en los potreros. Esta condición ha impulsado la adopción de soluciones energéticas autónomas y adaptadas al contexto rural.

Finalmente, la finca presenta limitaciones de acceso, ya que el camino existente no permite el ingreso de vehículos, por lo que el traslado de personas, insumos y productos se realiza principalmente a pie o a caballo. Esta situación refuerza la importancia de implementar tecnologías e infraestructuras apropiadas a la realidad territorial, priorizando soluciones funcionales, de bajo mantenimiento y ajustadas a las condiciones locales.

4.1. Objetivo del proyecto

Implementar un sistema integral de ganadería, mediante la adopción de tecnología y prácticas regenerativas para mejorar la sostenibilidad y la resiliencia del sistema.

4.2. Actividades ejecutadas del proyecto

Un aspecto central en la implementación del proyecto fue la elaboración de un Plan de Manejo de Finca, concebido como una herramienta integral para orientar la organización y sostenibilidad del sistema productivo. Este plan integró componentes críticos como el manejo de potreros, mediante un pastoreo ajustado a las condiciones de la finca y del hato, así como la producción de ensilaje para asegurar la disponibilidad de alimento durante todo el año, especialmente en épocas de sequía o inundaciones. Asimismo, contempló la gestión integral de excretas a través de la instalación de un biodigestor, que permitió transformar los residuos orgánicos, como el estiércol, en recursos energéticos aprovechables dentro de la finca. En conjunto, estas acciones fortalecieron el manejo hídrico, la infraestructura productiva y el uso de energías limpias, contribuyendo a mejorar la sostenibilidad y resiliencia del sistema ganadero frente a la variabilidad climática.

Se instaló un biodigestor con dimensiones de 210 x 115 x 130 cm, con capacidad para procesar hasta 16 kg (o 16 litros) diarios de estiércol animal. La instalación incluyó el suministro de materiales y la mano de obra especializada necesaria para su correcto funcionamiento. Este sistema permitió el tratamiento de la boñiga y otros residuos orgánicos generados en la finca, contribuyendo a la reducción de emisiones de metano y al aprovechamiento del biogás como fuente de energía renovable en el hogar. Como resultado, se logró sustituir el uso de leña por gas para la cocción de alimentos, mejorando las condiciones de vida de la familia y reduciendo la presión sobre los recursos forestales.

De manera complementaria, se implementó un sistema de riego por purines, diseñado para el mismo galerón, que permitió la aspersión controlada del efluente tratado en pastos mejorados. Para ello, se dotó a la finca de un tanque de 200 litros, así como de válvulas, uniones y accesorios necesarios para la conducción y regulación del flujo, asegurando un uso eficiente y seguro de los nutrientes contenidos en los purines.

Asimismo, se fortaleció la red hídrica interna de la finca, mediante la instalación de un tanque de almacenamiento de agua de 2.500 litros y 250 metros lineales de tubería, destinado al abastecimiento de agua en los potreros. Este sistema se complementó con la adquisición e instalación de una bomba de agua con sistema solar, lo que permite garantizar el suministro hídrico de forma autónoma y reducir la dependencia de fuentes energéticas convencionales.

Como parte del ordenamiento del sistema productivo, se ejecutaron acciones para la implementación y mejora de cercas eléctricas, mediante la instalación de un energizador a batería con panel solar, pararrayos, varillas de puesta a tierra y aisladores. Estas actividades permitieron mejorar la división de potreros, facilitar el manejo del ganado y optimizar el uso de las áreas de pastoreo.

Adicionalmente, el proyecto contempló la adquisición de una picadora de pasto industrial a gasolina, con el objetivo de mejorar el manejo del forraje y apoyar la alimentación del hato, contribuyendo a una mayor eficiencia en el uso de los recursos disponibles en la finca.
Finalmente, se realizaron mejoras en la infraestructura del corral y galerón, mediante la compra e instalación de materiales como sacos de cemento, láminas de zinc y perfiles de hierro galvanizado. Estas obras permitieron mejorar las condiciones estructurales para el manejo del ganado y la operación de los sistemas implementados, asegurando mayor durabilidad, seguridad y funcionalidad de la infraestructura productiva.

V. Resultados obtenidos

En el caso del proyecto INNOVA SOL, los resultados deben comprenderse desde un enfoque integral, donde la elaboración e implementación del Plan de Manejo de Finca permitió articular distintas acciones orientadas al aprovechamiento eficiente de los recursos disponibles en el sistema productivo. Intervenciones como la mejora en la división de potreros, el manejo de purines a través del biodigestor, la instalación de sistemas de riego, el uso de energía solar para el bombeo de agua y el fortalecimiento de la infraestructura del corral, aunque de alcance puntual, generaron efectos complementarios en la alimentación, el acceso al agua, el manejo de residuos y la disponibilidad de forraje. De esta manera, pequeñas mejoras implementadas de forma planificada contribuyeron a optimizar el uso de nutrientes, reducir la dependencia de insumos externos y fortalecer la resiliencia del sistema ganadero frente a la variabilidad climática.

5.1. Mejora de la Infraestructura

Se realizó la ampliación del corral hasta alcanzar un área de 91 m^2, optimizando el uso del espacio disponible mediante su división en dos secciones funcionales: el área principal de ordeño y la zona destinada al manejo de forraje, incluyendo la picadora de pasto y el ensilaje. Esta mejora permitió incorporar hasta cuatro vacas adicionales al área de ordeño y mantener entre cuatro y cinco animales estabulados de forma simultánea, favoreciendo una mejor organización de las labores diarias y garantizando condiciones adecuadas de espacio y alimentación para el hato, especialmente durante periodos de condiciones climáticas adversas que limitan el acceso a pasturas.

De manera complementaria, se instaló y puso en funcionamiento un sistema de riego por purines, manejado de forma rotativa entre los apartos según la capacidad de absorción de las pasturas. Este sistema, conectado al área de recolección de excretas del corral, permitió conducir y aplicar de manera controlada el material orgánico tratado en los potreros, aprovechando

los nutrientes disponibles para mejorar la fertilidad del suelo y la disponibilidad de forraje. En conjunto, estas acciones fortalecieron el manejo de apartos, la producción de ensilaje y la nutrición del hato, contribuyendo a asegurar alimento en condiciones de variabilidad climática, mejorar el bienestar animal y reducir la dependencia de fertilizantes externos.

5.2. Eficiencia operativa y productiva de la finca

En términos productivos, la adopción de un enfoque orientado a prácticas regenerativas y al aprovechamiento de nutrientes orgánicos se alinea con evidencias que indican aumentos significativos en la disponibilidad de forraje. Estudios desarrollados por la Alianza de Bioversity International y CIAT señalan que la transición desde sistemas tradicionales degradados hacia modelos regenerativos puede generar incrementos superiores al 70% en la producción de forraje, junto con reducciones en los costos asociados a insumos y fertilización química, así como un mejor acceso a esquemas de certificación y programas de apoyo para fincas ganaderas (Mwema & Ferrari, 2022).

Así mismo, la instalación de la picadora de pasto generó mejoras en la logística de alimentación del ganado, al reducir los tiempos destinados a la preparación del forraje y facilitar una distribución más eficiente. Como resultado, se incrementó la capacidad de manejo del hato y se favoreció la incorporación de un mayor número de animales en ordeño, optimizando el uso del tiempo y la mano de obra disponible. Con esta picadora, la conservación y almacenamiento de forraje mediante heno o ensilaje permitirá disponer de reservas alimentarias para el ganado en periodos en que la producción verde es baja o está condicionada por la variabilidad climática, asegurando la continuidad de la alimentación del hato (Tripathi, 2018).

Finalmente, con el apoyo de los estañones plásticos entregados, se avanzó en el almacenamiento temporal de agua en las inmediaciones del corral durante eventos de lluvia, fortaleciendo la disponibilidad hídrica para las labores diarias y aportando a la resiliencia del sistema productivo frente a periodos de menor precipitación.

5.3. Fortalecimiento del emprendimiento local en contextos rurales

La implementación del proyecto INNOVA SOL permitió consolidar un modelo de emprendimiento productivo local, desarrollado en un contexto con muchas limitaciones de acceso, conectividad y servicios básicos. A pesar de estas condiciones, la finca logró mantener y fortalecer su actividad productiva mediante la adopción de soluciones técnicas adaptadas a la realidad del territorio, lo que evidencia que es posible generar procesos de innovación y mejora productiva desde zonas remotas como Boca Cureña de Sarapiquí, siempre que las intervenciones respondan a necesidades concretas y a las capacidades reales de las personas productoras.

Uno de los principales resultados fue la optimización de los procesos productivos y operativos, lo que permitió mejorar la eficiencia del sistema ganadero y sostener actividades de valor agregado, como la producción y comercialización de queso, aun sin acceso a la red eléctrica ni facilidades logísticas convencionales.

El uso de energía solar, la mejora en la gestión del agua y el aprovechamiento de subproductos como los purines y la boñiga contribuyeron a reducir costos operativos, fortalecer la autonomía de la finca y asegurar la continuidad del emprendimiento familiar en condiciones adversas. Por ejemplo, la iniciativa inició con una duración de gas para cocinar de hasta 2 horas diarias, lo cual Aumentará para satisfacer las necesidades básicas de alimentación.

Asimismo, el proyecto fortaleció la capacidad de la familia productora para gestionar su actividad como un emprendimiento rural, al integrar prácticas sostenibles y resilientes en las actividades productivas de ganadería que mejoran la planificación, el uso eficiente de recursos y la resiliencia frente a la variabilidad climática. Este enfoque permitió pasar de una lógica de subsistencia a un modelo productivo más estructurado, con potencial de replicación en otras fincas de características similares, demostrando que el emprendimiento local puede consolidarse como una vía viable de desarrollo económico y territorial, incluso en contextos de alta ruralidad y limitado acceso a infraestructura.

VI. Lecciones aprendidas

La experiencia del proyecto INNOVA SOL deja aprendizajes relevantes para la implementación de sistemas ganaderos sostenibles en contextos rurales con limitaciones de acceso, infraestructura y servicios básicos.

Una lección es que la gestión integral de excretas puede convertirse en un eje articulador del sistema productivo, siempre que se aborde de manera gradual y adaptada a la escala de la finca. La instalación del biodigestor y el sistema de riego por purines permitió resolver de forma simultánea la disposición de la boñiga, el aprovechamiento de nutrientes y la reducción de emisiones asociadas al manejo inadecuado de residuos, demostrando que estas tecnologías son viables incluso en fincas pequeñas y con acceso limitado.

Un segundo aprendizaje clave es la importancia de integrar las tecnologías a la dinámica cotidiana de la finca, y no al revés. En este proyecto, el diseño del sistema de purines, la ampliación del corral y la incorporación de la picadora de pasto respondieron a necesidades operativas concretas (ordeño, alimentación, manejo del hato), lo que facilitó su apropiación por parte de la familia productora y redujo la resistencia al cambio.

Asimismo, el proyecto evidencia que las limitaciones estructurales –como la falta de electricidad, caminos de acceso y conectividad– no son necesariamente una barrera para la innovación, siempre que las soluciones tecnológicas sean apropiadas al contexto. El uso de energía solar para el bombeo de agua, la cerca eléctrica y el funcionamiento del corral demuestra que es posible fortalecer la resiliencia productiva mediante sistemas autónomos y de bajo mantenimiento.

Otra lección relevante es que la gestión familiar y la distribución clara de responsabilidades resultan determinantes para la sostenibilidad de este tipo de iniciativas. La participación activa de todos los miembros de la familia permitió mantener la continuidad de las labores, absorber la carga adicional que implica la implementación de nuevas prácticas y asegurar el seguimiento de los sistemas instalados.

Finalmente, el proyecto confirma que la transición desde una ganadería tradicional hacia un enfoque más integral y regenerativo requiere acompañamiento técnico y financiero, especialmente en las etapas iniciales. El apoyo institucional y las alianzas de cooperación resultaron fundamentales para viabilizar inversiones que, de otra forma, serían difíciles de asumir para pequeños productores ubicados en zonas de difícil acceso.





VII. Caso práctico para replicar y escalar a otras fincas.

EEl proyecto INNOVA SOL constituye un caso práctico replicable para fincas ganaderas de pequeña y mediana escala que buscan mejorar su sostenibilidad productiva y su resiliencia climática sin depender de sistemas altamente tecnificados o de difícil mantenimiento.

Un primer elemento replicable es el enfoque modular del proyecto, que permitió implementar las mejoras por etapas: manejo de excretas, fortalecimiento del corral, optimización del agua y mejora en la alimentación del ganado. Este enfoque facilitó que otras fincas puedan adaptar el modelo según sus prioridades, recursos disponibles y condiciones territoriales, sin necesidad de ejecutar todas las acciones de manera simultánea.

La gestión de purines para su uso agronómico en pasturas mejoradas es una práctica particularmente escalable, ya que aprovecha un recurso disponible en todas las fincas lecheras y reduce la dependencia de fertilizantes externos. Su implementación puede iniciarse a pequeña escala y ampliarse progresivamente conforme se consolida el sistema productivo, generando beneficios económicos y ambientales desde las primeras etapas.

Asimismo, la incorporación de biodigestores de pequeña escala demuestra que es posible reducir emisiones de GEI y generar energía útil incluso en fincas familiares. El uso del biogás para la cocción de alimentos y la sustitución de leña constituye un beneficio directo para la familia, además de reducir la presión sobre los recursos forestales y mejorar las condiciones de vida en el hogar.

Otro aspecto clave para la replicabilidad es la adecuación de las tecnologías al contexto territorial. El uso de energía solar, la optimización del uso del agua y la mejora de la infraestructura existente muestran que las soluciones deben responder a las condiciones reales de acceso, clima y logística de cada finca, evitando modelos estandarizados que no consideran las particularidades locales.

Para escalar este tipo de iniciativas en otras fincas, se recomienda:

- iniciar con un diagnóstico simple del manejo de excretas, agua y alimentación;
- priorizar acciones de bajo costo y alto impacto operativo;
- asegurar acompañamiento técnico en la fase de diseño e implementación; y
- promover esquemas de financiamiento y cooperación que faciliten la adopción de tecnologías apropiadas en zonas rurales.

En conjunto, la experiencia de INNOVA SOL demuestra que la transformación de la ganadería hacia modelos más sostenibles es posible desde fincas familiares, siempre que se combine visión de largo plazo, soluciones técnicas adaptadas y apoyo institucional oportuno.



VIII. Bibliografía

Centro de Ecología y Sustentabilidad Aplicada – CAPES. (21 de septiembre, 2023). Los beneficios económicos y ambientales de la ganadería regenerativa. Pontificia Universidad Católica de Chile.

Bardales, L.A. (22 de septiembre, 2024). Estiércol como enmienda agrícola sostenible. Sitio web oficial Doctor Agro.

Bashiru HA y Oseni SO (2025) Estrategias simplificadas de adaptación al cambio climático para el desarrollo ganadero en países de ingresos bajos y medios. Front. Sustain. Food Syst. 9:1566194. doi: ***10.3389/fsufs.2025.1566194***.

Instituto Meteorológico Nacional (IMN). (2021). Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Costa Rica. Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE).

FAO. (2018). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Soluciones ganaderas para el cambio climático.

FAO. (2019). Climate change and the global dairy cattle sector: The role of adaptation and mitigation. FAO Animal Production and Health Working Paper No. 8.

Mwema, E. y Ferrari, M. (13 de junio, 2022). Los forrajes mejorados en las dietas del ganado ofrecen soluciones para reducir las emisiones del sector lechero. Sitio web ***oficial Alianza de Bioversity International y el CIAT.***

Tripathi, H. P. (2018). Forage conservation, storage and feeding. Wageningen University & Research.

Villanueva, C., Ibrahim, M., & Castillo, C. (2023). Enteric methane emissions in dairy cows with different genetic groups in the humid tropics of Costa Rica. Animals, 13(4), 730. ***https://doi.org/10.3390/ani13040730.***