

Problemas, soluciones y fichas
para su implementación

VOL.2

2 0 2 5 .



RUTA PARA LA
RESTAURACIÓN
PRODUCTIVA EN ZONAS
GANADERAS DE PETÉN





El contenido de esta serie de documentos se basa en investigaciones de campo, entrevistas con productores ganaderos y recopilación de información sobre la implementación de prácticas de recuperación de ecosistemas a través de una ganadería regenerativa. Su objetivo es proporcionar herramientas útiles para la transición hacia una ganadería más productiva, resiliente y ambientalmente responsable a través de experiencias previas. Como parte del proyecto **“Apoyando la adaptación a través de la restauración productiva del paisaje: de los agricultores a las políticas públicas”**, se ha coordinado con la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala (FAUSAC) para sistematizar las experiencias de productores que desde 2018 han iniciado la implementación de prácticas. La sistematización final de prácticas productivas e instrumentos de política desarrollados estuvo a cargo de Geotecnológica de Centroamérica S.A.

Productores implementadores:

Marcial García Córdova, Héctor Mayén, Francisco Bedoya, Elvis Benjamín Santos, Jesús Ramírez, Tito Pinto, Pedro Mancilla, Hipólito Macario

Equipo Facilitador:

Jorge Cruz, Erik Martínez, Reyneer Morales, Manuel Manzanero

Equipo Coordinador:

Alejandro Santos, José R. Furlán, Abigail Álvarez, Sergio Dionisio, José Roberto Martínez

Estudiantes FAUSAC:

Ana Ruth García, Carlos Ponce, Moisés Pérez, Lourdes Rustrián, Monica Fernández, Francisco Almengor

Equipo técnico Geotecnológica de Centroamérica:

Marco Aurelio Juárez Calderón, Rita Paola Estrada Barrios

Diagramación

MAELA Solutions S.A.

Guatemala, junio 2025

TABLA DE CONTENIDO

1. IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS Y SOLUCIONES	04
1.1. Principios metodológicos de aplicación	04
1.1.1. Criterios de priorización técnica	04
1.1.2. Implementación por fases	05
1.1.3. Adaptación a condiciones específicas	05
1.2. Diagnóstico: identificando los principales problemas	06
1.2.1. Priorización de soluciones cuando se tienen múltiples problemas	08
1.3. Planificación: identificando las soluciones y el orden de implementación	10
1.3.1. Insuficiente cantidad y calidad de agua para el ganado	10
1.3.2. Degradación de los pastos y potreros	12
1.3.3. Falta de forraje en la época seca	14
1.3.4. Estrés del ganado por el calor excesivo	16
1.3.5. Sequías más intensas por los cambios en el clima	18
1.4. Ejemplo de planificación: de finca tradicional a un sistema silvopastoril intensivo	20
1.4.1 Metodología completa para la transformación de fincas ganaderas hacia sistemas silvopastoriles intensivos	20
<hr/>	
2. FICHAS TÉCNICAS DE IMPLEMENTACIÓN	28
2.1. Propósito y uso de las fichas técnicas	28
2.2. Estructura y metodología de las fichas	29
2.2.1. Las tres fases de implementación	29
2.2.2. Criterios para avanzar entre fases	29
2.2.3. Interconexiones entre soluciones	30
2.2.4. Fuentes de apoyo técnico y referencias metodológicas	30
2.3 Fichas técnicas	31

IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS Y SOLUCIONES

Esta sección propone un método de diagnóstico y orientación técnica para la búsqueda de los principales problemas que enfrentan los productores ganaderos de Petén. Se fundamenta en las experiencias documentadas con productores de los municipios de Flores, Santa Ana y San José, Petén, que implementaron prácticas de restauración productiva entre 2020 y 2025. Las soluciones presentadas corresponden a intervenciones efectivamente implementadas y validadas en condiciones similares a las existentes en el departamento.

El método reconoce que los desafíos enfrentados por los sistemas ganaderos en Petén requieren respuestas técnicas diferenciadas según la problemática específica de cada finca o unidad productiva. En lugar de proponer un modelo único de intervención, se presenta un conjunto de alternativas tecnológicas organizadas por fases de implementación, permitiendo adaptación a diferentes capacidades técnicas y disponibilidad de recursos.

1.1. Principios metodológicos de aplicación

El método se estructura en una secuencia lógica que permite a productores y técnicos identificar problemas prioritarios y seleccionar las intervenciones apropiadas según capacidades y recursos disponibles. Este método reconoce que para que la implementación sea exitosa requiere un enfoque gradual y adaptativo, priorizando las intervenciones fundamentales antes de avanzar hacia sistemas más complejos.

1.1.1. Criterios de priorización técnica

La experiencia documentada evidencia que existe una jerarquía técnica en la implementación de prácticas de restauración. Las intervenciones para mejorar el abastecimiento de agua, en cantidad y calidad, es un requisito fundamental para cualquier mejora posterior, seguidas por el manejo apropiado de los pastos y potreros como base para la intensificación sostenible del sistema productivo. Aunque en la actualidad muchos productores han comenzado rotando potreros antes de asegurar el agua, la evidencia muestra que seguir una secuencia técnica específica aumenta significativamente las posibilidades de éxito.

Esta secuencia técnica se basa en dependencias funcionales observadas en las fincas evaluadas y en



experiencias basadas en modelos propuestos en otros países. Los bancos forrajeros intensivos requieren disponibilidad de agua adecuada; los sistemas silvopastoriles necesitan manejo apropiado del pastoreo; y la optimización integral del sistema demanda el funcionamiento coordinado de todos los componentes precedentes.

1.2.1 Implementación por fases

Cada solución técnica se presenta organizada en tres fases de implementación progresiva. Esta estructura permite iniciar con intervenciones de menor complejidad y requerimientos, desarrollar experiencia práctica, y avanzar gradualmente hacia sistemas más intensivos e integrados.



1.1.3. Adaptación a condiciones específicas

Las soluciones presentadas constituyen marcos de referencia técnica que deben adaptarse a las condiciones específicas de cada unidad productiva. Variables como tamaño de la explotación, topografía, disponibilidad de recursos hídricos, y objetivos productivos específicos influyen en las modalidades de implementación más apropiadas.

La experiencia documentada sugiere que la flexibilidad en la aplicación de recomendaciones técnicas, manteniendo los principios fundamentales de cada intervención, resulta crítica para el éxito de la implementación.

1.2. Diagnóstico: identificando los principales problemas

Se propone un método práctico basado en posibles situaciones que enfrentan los productores ganaderos de Petén para ayudarlos a identificar el o los problemas más importantes, y de esta forma, proponer soluciones para resolverlos. Este método está basado en las experiencias de ganaderos locales y en consideraciones técnicas y económicas para su implementación.

A continuación, se presenta una lista de situaciones que pueden observarse en una finca o parcela de un productor ganadero del departamento de Petén. En las siguientes cajas se describen posibles situaciones que pueden enfrentar las fincas o parcelas del departamento. Léalas detenidamente y marque con X las que tiene en la actualidad o cree que le pueden causar un problema a futuro. La efectividad de las soluciones depende de una correcta identificación del problema. Se proponen seis diferentes tipos de situación por cada problema, si el productor identifica 2 o más en cada problema necesita abordarlos para mejorar la productividad de su finca o parcela.

1. AGUA PARA EL GANADO

- Los animales tienen que caminar más de 500 metros para beber agua.
- En época seca (marzo-mayo) no tiene suficiente agua para el ganado.
- El agua disponible está caliente, sucia o contaminada.
- Ha perdido animales por deshidratación o problemas con el agua.
- Tiene que transportar o comprar agua.
- Los animales beben agua de charcos sucios.

Si marcó 2 o más su problema es insuficiente cantidad y calidad de agua para el ganado.

2. PASTOS Y POTREROS

- Los potreros tienen muchas áreas sin pasto o con grandes cantidades de malezas.
- El ganado come todo el tiempo en los mismos lugares.
- Hay áreas sobre pastoreadas y otras sin usar.
- Los pastos son de mala calidad o especies no adecuadas para el ganado.
- Hay problemas de plagas en los pastos.
- Tiene muchos animales para la cantidad de pasto que producen los potreros.

Si marcó 2 o más su problema es la degradación de los pastos y potreros.

3. ALIMENTO PARA GANADO EN LA ÉPOCA SECA

- Compra concentrado o suplemento 4 o más meses al año.
- Los animales pierden peso en época seca (febrero-mayo).
- Ha visto que los animales comen cualquier cosa, plantas raras o poco comunes.
- No tiene forraje verde disponible en época seca.
- Debe vender animales por falta de comida.
- Los animales pasan hambre en los meses más secos.

Si marcó 2 o más su problema es la falta de forraje en la época seca.

3

4. INCOMODIDAD DEL GANADO EN LA ÉPOCA SECA Y DÍAS CALUROSOS

- Los animales jadean la mayor parte del día.
- Los animales buscan sombra constantemente.
- Los animales no comen durante las horas más calurosas.
- Los animales pierden peso cuando hace mucho calor.
- No hay suficientes árboles en los potreros.
- Se han muerto árboles en los últimos años por sequías.

Si marcó 2 o más su problema principal es el estrés del ganado por el calor excesivo.

4

5. SEQUÍAS Y CANÍCULAS

- La época seca cada año es más larga que antes.
- Las lluvias vienen más tarde o se van más temprano.
- Los potreros producen menos pasto que hace unos años.
- Las sequías son más intensas y prolongadas.
- Le cuesta más trabajo mantener el ganado en época seca.
- Siente que el clima está cambiando y es más difícil.

Si marcó 2 o más su problema se debe a las sequías más intensas por los cambios en el clima.

5

1.2.1. Priorización de soluciones cuando se tienen múltiples problemas

¿Por qué es importante priorizar?

Por experiencias en fincas de Petén, **intentar resolver todos los problemas a la vez** requiere de grandes recursos, los que si no se planifican adecuadamente se pueden desperdiciar, y se pueden obtener resultados pobres. Los productores más exitosos siguieron una **secuencia lógica**, resolviendo primero los problemas que impiden que funcionen las demás soluciones.

El principio fundamental que debe utilizarse son las dependencias o prerrequisitos técnicos. Esta se basa en una lógica simple: a) sin agua, nada más funciona bien, b) sin manejo del pastoreo, las mejoras no se sostienen a largo plazo, y c) si no se cumplen las fases previas, las inversiones se pueden perder.

JERARQUÍA DE PRIORIZACIÓN

1

AGUA
(base de todo)

2

PASTOREO
(base productiva)

3

FORRAJE + SOMBRA
(complementos)

4

SSP intensivos
(integración final)



REGLAS DE PRIORIZACIÓN PROBADAS

REGLA #1: SUPERVIVENCIA

Si marcó «insuficiente cantidad y calidad de agua para el ganado», resuelva esto primero, SIEMPRE

¿Por qué es prioritario?

- Sin agua, los animales se mueren.
- Sin agua, no se podrá establecer bancos forrajeros productivos.
- Sin agua, no puede intensificar el manejo de la finca/parcela.

Evidencia: 8 de 9 productores identificaron problemas de agua. Aquellos que resolvieron agua primero tuvieron más éxito con las demás prácticas.

REGLA #2: MEJORAR LA BASE PRODUCTIVA

Si tiene agua, pero marcó que tiene «degradación de los pastos y potreros», este es su segundo paso

¿Por qué después del agua?

- Para dividir los potreros eficientemente, el ganado debe tener acceso a agua limpia y cerca.
- El manejo apropiado del pastoreo protege toda inversión posterior.
- Sin rotación, los bancos forrajeros se sobreexplotan.
- Es la base para cualquier intensificación de la producción ganadera.

Evidencia: Las fincas que implementaron rotación antes de otras prácticas mostraron mejor sostenibilidad de las mejoras.

REGLA #3: FORTALECER LA ALIMENTACIÓN DEL GANADO

Si tiene agua y mejoró el pastoreo, pero marcó «falta forraje en la época seca», este es su tercer paso

¿Por qué en esta posición?

- Un banco de forrajes es un “complemento” al sistema productivo de la finca/parcela.
- Necesita manejo rotacional bueno, para no sobreexplotar el banco forrajero.
- Asegurar la alimentación antes de hacer otras mejoras.
- Prepara para sistemas más complejos.

Evidencia: Las fincas que establecieron bancos forrajeros después de haber mejorado la rotación de los potreros, encontraron que el ganado no perdió peso durante la época seca.

REGLA #4: BIENESTAR DEL GANADO Y ADAPTACIÓN A LOS CAMBIOS DEL CLIMA

Si tiene lo anterior, pero marcó que el ganado sufre «estrés del ganado por el calor excesivo» o las «sequías más intensas por los cambios en el clima», este es el cuarto paso

¿Por qué en esta posición?

- Requiere que las fases anteriores estén funcionando para poder ser efectivo.
 - Prepara al productor ganadero para condiciones climáticas más extremas.
 - Incluye el uso de pastos resistentes/tolerantes a la sequía, manejo adaptativo, y diversificación.
 - Es un paso previo para establecer un Sistema Silvopastoril Intensivo y resiliente.
-

REGLA #5: INTEGRACIÓN DEL SISTEMA SILVOPASTORIL INTENSIVO

Cuando tenga todas las bases funcionando, consolide el sistema silvopastoril intensivo

¿Por qué al final?

- Requiere que recursos como agua, pastoreo, forraje y adaptación estén funcionando.
 - Integra todos los componentes en un sistema optimizado y coordinado.
 - Representa el objetivo técnico hacia el cual convergen todas las soluciones.
 - Logra una máxima productividad sostenible del sistema ganadero.
-

1.3. Planificación: identificando las soluciones y el orden de implementación

Una vez identificados y priorizados los problemas que enfrenta el productor ganadero, puede identificar las posibles soluciones a implementar.

1.3.1. Insuficiente cantidad y calidad de agua para el ganado

Problemática documentada

La insuficiente cantidad y calidad de agua para el abreviamento del ganado constituye el **factor limitante más crítico** identificado en ocho de las fincas evaluadas. Esta problemática compromete no solo la supervivencia animal, sino que también limita la viabilidad de cualquier mejora productiva posterior. Si a futuro se quiere contar con bancos forrajeros altamente productivos, también se requiere disponibilidad hídrica apropiada para el riego.

Los testimonios documentados evidencian que *“el agua contaminada o caliente por la temperatura fueron factores que provocaron la mortandad de animales”*, mientras que las distancias excesivas para acceder a fuentes hídricas comprometen el tiempo de pastoreo efectivo y la eficiencia productiva del sistema.

Enfoque de solución: Sistemas de abastecimiento de agua para ganado

La solución tiene como objetivo garantizar que el ganado tenga acceso suficiente, limpio y cercano a la aguada. Se fundamenta en el establecimiento de sistemas de captación de agua de lluvia, almacenamiento y distribución de agua que aseguren la disponibilidad apropiada durante todo el ciclo productivo. La estrategia prioriza el aprovechamiento de agua de lluvia mediante aguadas artificiales, dada la limitada disponibilidad de fuentes superficiales permanentes en la región y los altos costos de la perforación de pozos.

Fases de implementación:

FASE 1

Protección y mejoramiento de las aguadas existentes (evitar que el ganado entre directamente al agua)

Construcción de nuevas aguadas según las necesidades de la finca (estimar los volúmenes de almacenamiento requeridos según el hato ganadero).

FASE 2

Distribución estratégica del agua en los potreros

Ubicar bebederos protegidos en áreas con buena producción de pasto, pero alejados de las fuentes de agua actuales (ideal menos de 200m).

FASE 3

Sistema integrado resiliente con múltiples fuentes

Estimar las necesidades futuras de la finca, considerando los cambios en los patrones de lluvia e interconectando todos los sistemas. Construir sistemas de almacenamiento adicionales para asegurar la disponibilidad de agua para el ganado y los bancos de forraje en las épocas y años críticos.

EVIDENCIA DE ÉXITO

Existen casos como el de doña Iris, en la comunidad El Zapote, Santa Ana, Petén, documentados por CATIE (Palma et al., 2011). Aunque la aguada que doña Iris tenía no se secaba totalmente, su finca no tenía suficiente agua y en la época seca ella tenía que trasladar el ganado a otra finca. Además, los animales ingresaban a la aguada para abreviar de forma directa, aumentando la posibilidad de contaminación con parásitos, el riesgo de atasco de animales en el lodo de las orillas y el rompimiento de la capa impermeable de la aguada por el pisoteo de los animales.

Para mejorar la cantidad y la calidad del agua para su ganado, doña Iris decidió construir una nueva «aguada mejorada». Después de haber construido la aguada, la familia de doña Iris quedó muy contenta con la aguada mejorada que resolvió su problema de agua para el ganado, aunque, después de tres años, su hato ahora está más grande y le hubiese gustado que la aguada tuviera una mayor dimensión. Para resolver este nuevo limitante, la familia planea construir una aguada adicional (Palma et al., 2011).

1.3.2. Degradación de los pastos y potreros

Problemática documentada

La degradación de la capacidad productiva de los pastos constituye una limitante fundamental identificada en tres de las fincas evaluadas, aunque evidencias indirectas sugieren que esta problemática afecta en diferentes grados a la mayoría de los sistemas ganaderos extensivos de la región. La degradación se manifiesta principalmente a través del sobrepastoreo, distribución desigual del pastoreo, y consecuente reducción de la productividad forrajera.

Los testimonios documentados evidencian que “mis potreros ya no producen como antes”, reflejando la percepción generalizada de declive en la capacidad productiva asociada con prácticas de manejo inadecuadas que no permiten períodos apropiados de recuperación de los pastos.

Enfoque de solución: Manejo mejorado del pastoreo

La solución se fundamenta en la transformación de sistemas de pastoreo continuo hacia enfoques rotacionales que optimicen tanto la utilización del forraje disponible como la recuperación de la capacidad productiva del sistema. La estrategia reconoce que el manejo apropiado del pastoreo constituye la base fundamental para cualquier intensificación sostenible posterior del sistema ganadero.





Fases de implementación:

FASE 1

División y control básico del movimiento del ganado

Inicie con la división de los potreros más grandes. Trate de tener como mínimo de 8 a 10 potreros, para garantizar periodos de descanso que permitan la recuperación de los pastos. Pueden ser cercas temporales o definitivas.

FASE 2

Rotación planificada con criterios técnicos definidos

Determine la disponibilidad de forraje de los potreros, tanto en época seca como en época lluviosa, y con esta base, calcule la capacidad de carga de la finca y determine el tamaño óptimo de los potreros.

FASE 3

Manejo intensivo adaptativo con ajustes en la capacidad de carga de la finca

Cuando se haya mejorado los pastos y se tenga el número total e ideal de potreros, se procederá a ajustar la capacidad de carga de la finca y se determinarán los periodos de ocupación y descanso ideales.

EVIDENCIA DE ÉXITO

Jesús Ramírez de la Finca El Juleque, comenta cómo la rotación con cercas eléctricas y la reforestación mejoraron la condición de sus potreros degradados: *«antes tenía problemas para mantener suficiente pasto para el ganado, especialmente durante la temporada seca. Ahora puedo rotar al ganado en los potreros por la implementación de cercas eléctricas, permitiendo que el pasto retoñe más rápido y se mantenga en mejores condiciones».*

Tito Pinto de la Finca Perla Escondida expresa cómo cambió su producción al implementar la división de potreros: *«todo cambió cuando dividí esa área en 16 potreros. Con esa rotación, el pasto mejoró y pude incrementar el número de animales de 12 a 35. Al mover el ganado cada día de potrero, logré un sistema que me permitió descansar el pasto lo suficiente para que volviera a crecer sano y fuerte».*



1.3.3. Falta de forraje en la época seca

Problemática documentada

El déficit forrajero durante el período seco constituye una limitante productiva crítica identificada directamente por tres de los nueve productores evaluados, con evidencia indirecta de afectación manifestada a través del consumo de especies vegetales atípicas por parte del ganado. Esta problemática compromete significativamente la productividad del sistema y genera dependencia de suplementación externa costosa.

Los datos de productividad forrajera documentados evidencian diferencias dramáticas entre sistemas: en época seca las fincas sin prácticas de restauración apenas alcanzan 0.015 kg/m^2 de materia seca disponible, mientras que las fincas con prácticas logran hasta 0.080 kg/m^2 , es decir cinco veces más forraje aprovechable.

Enfoque de solución: Seguridad forrajera estacional

La solución se fundamenta en el desarrollo de capacidades de producción forrajera complementaria que aseguren la disponibilidad de alimento apropiado durante el período de menor productividad de los pastos naturales. La estrategia integra especies especializadas para época seca, técnicas de conservación apropiadas, y manejo diferenciado que optimice la seguridad alimentaria del sistema ganadero.



Fases de implementación:

FASE 1

Iniciar con la producción forrajera complementaria con especies adaptadas

Se iniciará el establecimiento de bancos forrajeros mixtos (energéticos y proteicos) a pequeña escala, con especies probadas en la región. Se debe estimar las necesidades de forraje de acuerdo con la capacidad de carga de la finca, para diseñar los bancos forrajeros.

FASE 2

Diversificación y conservación con leguminosas

Dependiendo del objetivo de producción de la finca o parcela, se debe ajustar el uso de diversas especies, como las leguminosas que proveen proteína al hato ganadero.

FASE 3

Autosuficiencia alimentaria integral

Finalmente se debe trabajar en contar con diferentes fuentes de alimentación, tanto de los bancos forrajeros, como otras alternativas como el ensilaje y la henificación de los pastos excedentes de la época lluviosa.

EVIDENCIA DE ÉXITO

Jesús Ramírez de Finca El Juleque, identificó su problema y su solución: *«antes tenía problemas para mantener suficiente pasto para el ganado, especialmente durante la temporada seca. En las áreas donde tengo zacate de corte, he ensilado y he tenido para sostener mi ganado».*

Tito Pinto de la Finca Perla Escondida, manifiesta su contento al implementar bancos forrajeros en su finca: *«durante la temporada seca, cuando todo alrededor está seco, yo tengo suficiente comida y mis bancos de forraje de Leucaena se mantienen verdes. Me he enamorado de la Leucaena; la corto y vuelve a crecer sin problema, lo que significa un forraje constante y nutritivo».*



1.3.4. Estrés del ganado por el calor excesivo

Problemática documentada

El estrés térmico en el ganado constituye una problemática identificada por siete de los nueve productores evaluados, manifestándose a través de comportamientos adaptativos que comprometen el bienestar animal y la eficiencia productiva. Los datos climáticos documentados evidencian que los días extremadamente calurosos han pasado de 30-50 días/año en los años 1980 a más de 130 días/año en 2019, triplicando la exposición a condiciones críticas.

Los testimonios documentados evidencian que *“los árboles se han secado por el verano, entre el 40-50% de árboles murieron”*, mientras que los productores observan diferencias significativas en el comportamiento del ganado entre áreas con sombra y sin sombra.

Enfoque de solución: Sombra funcional en potreros

La solución se fundamenta en el establecimiento gradual de cobertura arbórea funcional que proporcione sombra apropiada, mejore el microclima de los potreros, y contribuya con servicios ecosistémicos complementarios. La estrategia equilibra la necesidad de beneficios relativamente rápidos con el desarrollo de sistemas arbóreos sostenibles a largo plazo.



Fases de implementación:

FASE 1

Sombra de establecimiento rápido con especies apropiadas

Estas brindarán sombra permanente al ganado. En casos extremos, se deberá iniciar con sombras temporales, como sombreaderos con hojas de palmas, sarán, laminas, u otros.

FASE 2

Diversificación arbórea planificada multipropósito

En esta segunda fase se recomienda establecer árboles maderables y frutales que puedan fortalecer la productividad de las fincas. Estas especies son de crecimientos más lentos, por lo que se deben cuidar más en las épocas iniciales.

FASE 3

Sistema silvopastoril integrado optimizado

Finalmente se integrará el sistema silvopastoril intensivo, en el cual se cuentan con pastos, leguminosas para el ramoneo del ganado, arboles maderables y frutales, principalmente de especies locales de alto valor comercial.

EVIDENCIA DE ÉXITO

Marcial García de la Finca El Mirador, identifica que el sistema silvopastoril resolvió su problema de disponibilidad de alimento durante las sequías, garantizando forraje constante para mantener el ganado en buenas condiciones. Comenta: *«una de las mayores ventajas que he notado es la mayor disponibilidad de comida para el ganado, incluso en épocas de sequía. Gracias a estos sistemas, los animales siempre tienen alimento suficiente, lo que garantiza que se mantengan en buen estado».*

Jesús Ramírez de la Finca El Juleque indica que *«no es necesario botar árboles para tener potreros, el ganado puede permanecer en esos lugares gracias al sistema silvopastoril. Reforestar los potreros degradados y combinarlo con la ganadería es una buena inversión».*

1.3.5. Sequías más intensas por los cambios en el clima

Problemática documentada

La intensificación de sequías constituye una problemática emergente identificada por ocho de los nueve productores evaluados, manifestándose a través de la prolongación de períodos secos, modificación de patrones de precipitación, y consecuente reducción de la productividad forrajera. Esta problemática trasciende las limitaciones específicas de otros factores, requiriendo estrategias integradas de adaptación climática.

Los testimonios documentados evidencian que “las sequías prolongadas, han provocado pérdidas en peso y condición física del ganado” y que “el 2024 fue el año más duro de incendios forestales”, reflejando la percepción generalizada de intensificación de condiciones adversas que comprometen la sostenibilidad de los sistemas ganaderos tradicionales.

Enfoque de solución: Resistencia a sequías intensificadas

La solución se fundamenta en el desarrollo de capacidades adaptativas del sistema productivo mediante diversificación de estrategias de manejo, implementación de componentes resistentes a sequía, y establecimiento de protocolos de manejo que permitan mantener la productividad apropiada bajo condiciones de variabilidad climática intensificada.



Fases de implementación:

FASE 1

Componentes resistentes básicos y conservación hídrica

Identificar las áreas más vulnerables a las sequías dentro de la finca o parcela. Se promoverá la introducción de pastos resistentes/tolerantes a las sequías.

FASE 2

Manejo adaptativo integrado con ajuste preventivo

Se deberá hacer una planificación integral de las áreas de pastoreo, estableciendo las áreas de uso prioritario en la época lluviosa y en la época seca. Esta planificación está orientada a garantizar el uso óptimo de los pastos.

FASE 3

Resiliencia sistémica con respuesta rápida

Incluye la integración de todas las actividades implementadas, como una estrategia para mantener una adecuada alimentación y acceso al agua para el ganado, y de áreas sombreadas que les ayuden a reducir el estrés por calor.

EVIDENCIA DE ÉXITO

Marcial García de la Finca El Mirador confirma los beneficios de implementar prácticas de restauración productiva en su finca: «los sistemas silvopastoriles no se habían implementado en esta área hasta hace 6 años. Desde entonces, se ha trabajado en sembrar árboles y en introducir nuevas especies de pasto dentro de estas áreas. Una de las mayores ventajas que he notado es la mayor disponibilidad de comida para el ganado, incluso en épocas de sequía. Los animales siempre tienen alimento suficiente, lo que garantiza que se mantengan en buen estado».

Tito Pinto de la Finca Perla Escondida describe que en situaciones críticas de sequía las condiciones de su finca mantienen la productividad forrajera: «durante la temporada seca, cuando todo alrededor está seco, el sistema mantiene la productividad gracias a los bancos forrajeros que “se mantienen verdes” durante las sequías». Esto es una evidencia clara de adaptación a sequías intensas por el cambio climático.



1.4. Ejemplo de planificación: de finca tradicional a un sistema silvopastoril intensivo

La siguiente metodología ilustra la aplicación práctica de todos los principios y herramientas desarrollados en este documento. Este ejemplo está basado en las experiencias reales documentadas en las nueve fincas de los municipios de Flores, Santa Ana y San José, Petén, pero presenta una secuencia completa e integrada que cualquier productor ganadero del departamento puede adaptar a sus condiciones específicas.

El ejemplo muestra cómo un productor puede partir de un diagnóstico técnico riguroso (Fase 0) y avanzar gradualmente a través de las cinco reglas de priorización identificadas, hasta consolidar un Sistema Silvopastoril Intensivo (SSPi) completamente funcional. Cada fase incluye criterios técnicos específicos, cronogramas realistas, estimaciones de inversión, e indicadores concretos de éxito que permiten al productor evaluar su progreso.

Esta metodología reconoce que no todas las fincas son iguales, por lo que incorpora el concepto de «zonificación por aptitud productiva», permitiendo que cada área de la propiedad reciba el manejo más apropiado según sus características y limitaciones. Asimismo, considera que muchos productores tienen terrenos subutilizados o en proceso de definición de uso futuro, proporcionando orientación para la planificación de expansión gradual.

El ejemplo está diseñado para ser técnicamente sólido, pero operacionalmente viable para productores de pequeña y mediana escala, con inversiones distribuidas en el tiempo y beneficios que se manifiestan progresivamente para mantener la motivación y la viabilidad económica del proceso de transformación.

1.4.1 Metodología completa para la transformación de fincas ganaderas hacia sistemas silvopastoriles intensivos

FASE 0

● DIAGNÓSTICO Y PLANIFICACIÓN INTEGRAL DE LA FINCA

1. CARACTERIZACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE LA FINCA

¿Por qué es fundamental la caracterización?

La caracterización detallada evita el error más común en ganadería: aplicar las mismas prácticas en toda la finca sin considerar que cada área tiene limitaciones y potencialidades diferentes. Un productor que intenta establecer bancos forrajeros en suelos superficiales o que coloca bebederos en sitios de difícil acceso está destinado al fracaso, independientemente de qué tan buena sea la asistencia técnica que reciba. La planificación requiere realizar un levantamiento básico de información, la que se puede plantear en un mapa o croquis básico. Esta debe contener como mínimo: la superficie total y área efectiva del área

ganadera; la topografía y posición de las áreas; los recursos naturales de cada área, como calidad de los suelos, disponibilidad de agua; y la infraestructura existente y accesibilidad.

Zonificación por aptitud productiva:

Se sugiere dividir el área según la pendiente de los terrenos, el acceso al agua y la calidad de los suelos



Análisis de potencial de expansión:

Se deben identificar áreas no utilizadas en la actualidad, pero que puedan tener potencial de producción ganadera y que no estén siendo utilizadas en la actualidad. No se deben incluir las tierras con bosque, guamiles altos, humedales y aguadas naturales, ya que estas deben ser destinadas a la protección.

Se debe analizar si a futuro, el propietario tiene interés de incorporar estas áreas a la producción ganadera. Se debe evaluar si esto es factible, tanto legal, ambiental y económicamente, ya que en el departamento se cuenta con la mayor cantidad de áreas protegidas del país, las cuales tienen normativas específicas. En caso se consideren incorporarlas al proceso productivo ganadero, estas se deben identificar como una Zona 5, Posibles áreas de expansión, las que se deben incluir en la secuencia de la planificación de la finca.

2. DEFINICIÓN DEL OBJETIVO PRODUCTIVO

¿Por qué no se puede saltar este paso?

Sin un objetivo productivo claro, es imposible dimensionar correctamente cualquier componente del sistema. Un sistema de engorde requiere forrajes de alta calidad, mientras que un sistema de crianza puede funcionar con forrajes de calidad media, pero necesita mayor estabilidad a largo plazo. Los sistemas de doble propósito requieren dietas con mayores cantidades de proteína, entre otros. En el departamento de Petén se tienen las siguientes opciones:

Sistema de Crianza

- Objetivo: Producir terneros destetados (180-200 kg a 8 meses).
- Meta: 85-90% natalidad, <5% mortalidad adultos.
- Requerimientos: Pastos de calidad media, infraestructura básica.

Sistema de Engorde

- Objetivo: Engordar novillos (200 kg → 400-450 kg).
- Meta: 600-800 g/día ganancia de peso.
- Requerimientos: Forrajes de alta calidad, manejo intensivo.

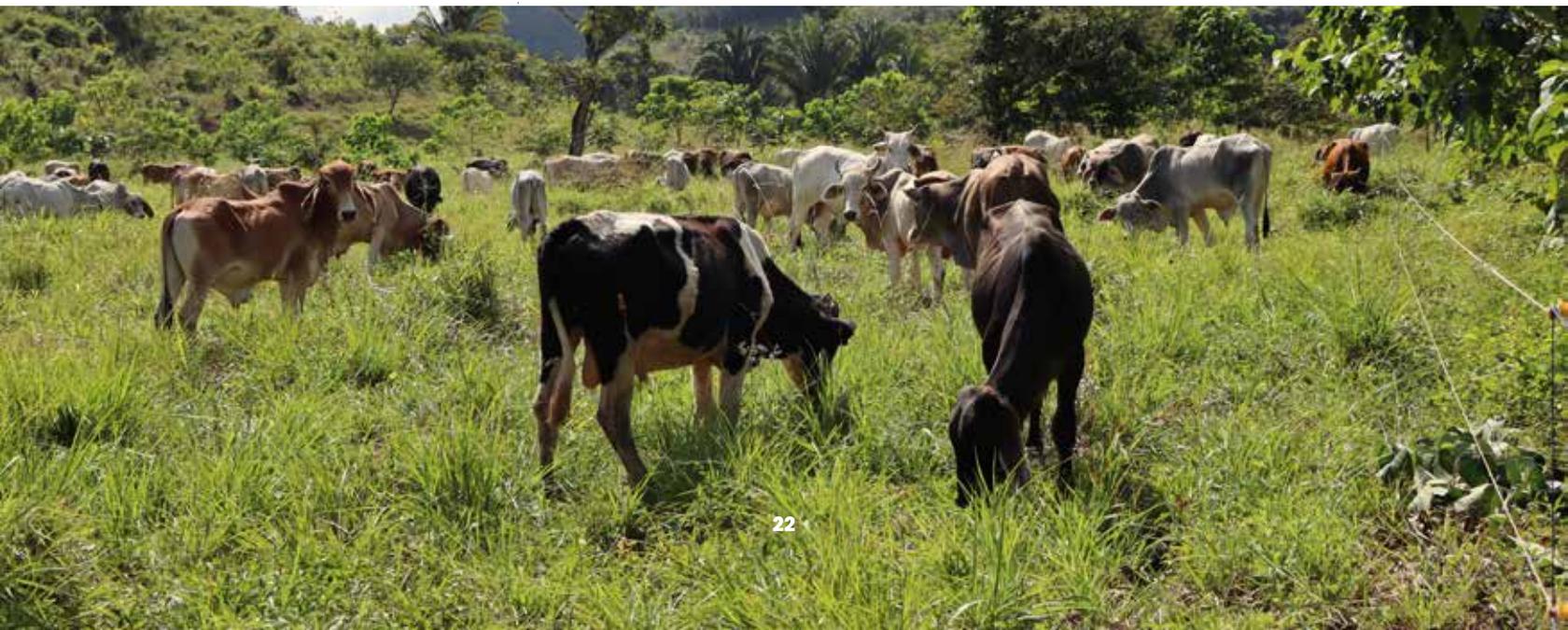
Sistema Doble Propósito

- Objetivo: Leche (6-10 L/día) + terneros (150-180 kg).
- Meta: 80-85% natalidad, 8-10 meses lactancia.
- Requerimientos: Forrajes de alta calidad, infraestructura para ordeño.

3. CÁLCULOS TÉCNICOS FUNDAMENTALES

¿Por qué son indispensables los cálculos?

Los cálculos transforman las buenas intenciones en decisiones concretas y viables. Sin estos cálculos, un productor puede subestimar las necesidades de forraje para época seca o sobredimensionar infraestructura y desperdiciar recursos limitados.



EJEMPLO INTEGRAL

TRANSFORMACIÓN HACIA SISTEMA SILVOPASTORIL INTENSIVO (horizonte 10 años)

FASE 0

DIAGNÓSTICO Y PLANIFICACIÓN INTEGRAL (AÑO 1)

Caracterización de la finca ejemplo:

¿Por qué es fundamental la caracterización?

- **Superficie total:** 32 hectáreas
- **Potreros/pastoreo actual:** 22 hectáreas (pastoreo continuo, pastos degradados)
- **Bosque secundario:** 6 hectáreas (guamil, potencial silvopastoril / restauración)
- **Bosque maduro:** 3 hectáreas (protección)
- **Infraestructura:** 1 hectárea (casa, corrales, caminos)
- **Hato actual:** 12 UA (0.55 UA/ha) - Sistema de producción: crianza
- **Aguadas existentes:** 1 pequeña (insuficiente en época seca)

DIAGNÓSTICO DE PROBLEMAS ESPECÍFICOS POR ZONA:

ZONA 1

Potreros planos cercanos a casa (8 ha)

- Crisis de agua en época seca: Una aguada pequeña para toda la finca.
- Sobrepastoreo severo: Solo 2 potreros grandes, suelo desnudo 30%.
- Sin sombra: Árboles murieron en sequías, ganado sufre calor.
- Acceso fácil pero subutilizado: Mejores suelos, pero baja productividad.
- Fortaleza: Cerca de casa, topografía plana, fácil manejo.

ZONA 2

Potreros ondulados (14 ha)

- Sin acceso a agua: Ganado camina 600m hasta aguada principal.
- Erosión activa: Cárcavas visibles, pérdida de suelo en áreas con pendiente.
- Pastoreo continuo: Sin divisiones, áreas sobreexplotadas.
- Pastos degradados: Malezas dominantes, baja capacidad de carga.
- Fortaleza: Área más extensa, potencial para diversificación.

ZONA 3

Bosque secundario (6 ha)

- Subutilizado: Guamil de 4-5 años, sin plan de uso.
- Sin infraestructura: No hay acceso a agua ni cercas.
- Indefinición: ¿Conservar, incorporar a ganadería, o silvopastoreo?
- Oportunidad: Potencial para sistemas silvopastoriles desde cero.

ZONA 4

Bosque maduro (3 ha)

- Ganado entra ocasionalmente: Daño a regeneración.
- Sin manejo: Potencial para enriquecimiento forestal.
- Servicios críticos: Protege fuentes de agua, y biodiversidad.



LÓGICA DE IMPLEMENTACIÓN POR ETAPAS

AÑOS 2-3: RESOLVER PROBLEMAS DE SUPERVIVENCIA

Esta etapa se fundamenta en el principio de “primero lo primero”: sin resolver los problemas que amenazan la supervivencia del sistema productivo, cualquier mejora posterior será inviable. La experiencia de las fincas evaluadas demuestra que los productores más exitosos siguieron esta lógica de priorización, atacando primero las crisis que comprometen la continuidad de la actividad ganadera.

El enfoque se centra en resolver los dos problemas más críticos identificados: la insuficiencia de agua durante la época seca y el manejo inadecuado del pastoreo que lleva al sobrepastoreo y degradación. Estos problemas no esperan y se manifiestan independientemente de la zona donde ocurran. Un productor no puede darse el lujo de esperar a “completar” una zona para resolver una crisis hídrica en otra área de la finca.

La implementación responde a urgencias reales: si el ganado camina 600 metros para beber agua, esa es la prioridad inmediata, sin importar si está en la zona designada como “primera fase”. Si hay erosión severa en una pendiente, es necesario dividir esos potreros para controlar el pastoreo, aunque el plan original contemplara trabajar esa área más adelante. Esta flexibilidad responde a la realidad de que los problemas productivos no siguen cronogramas teóricos.

AÑOS 4-6: INTENSIFICACIÓN ESTRATÉGICA

Una vez resueltos los problemas de supervivencia, el productor puede enfocarse en mejorar la productividad del sistema. Esta etapa se caracteriza por implementar prácticas que requieren estabilidad en los componentes básicos. No tiene sentido establecer bancos forrajeros si no hay agua segura para su riego, ni plantar árboles si el ganado no tiene un manejo de pastoreo que permita proteger las plantaciones.

La intensificación sigue una lógica de aprovechar las inversiones ya realizadas: los bancos forrajeros se establecen cerca de las fuentes de agua ya construidas, los sistemas silvopastoriles se inician en las



áreas que ya tienen divisiones de potreros funcionando. Esta estrategia maximiza la eficiencia de cada quetzal invertido y reduce los riesgos de fracaso por falta de condiciones apropiadas.

Durante esta etapa también se toman las decisiones estratégicas sobre el uso futuro de áreas que estaban indefinidas, como el bosque secundario. Estas decisiones se basan en la experiencia ya acumulada en el manejo de las primeras áreas transformadas y en una mejor comprensión de las capacidades reales del productor para manejar sistemas más complejos.

La intensificación no es uniforme en toda la finca: se concentra donde las condiciones son más favorables y donde se pueden obtener mejores resultados con menor riesgo. Esto permite que el productor desarrolle confianza y experiencia en el manejo de nuevas prácticas antes de expandirlas a condiciones más desafiantes.

AÑOS 7-10: CONSOLIDACIÓN DEL SISTEMA SILVOPASTORIL INTENSIVO

La etapa final se enfoca en integrar todos los componentes en un sistema coherente y optimizado. Ya no se trata de resolver problemas aislados o implementar prácticas individuales, sino de lograr que todos los elementos funcionen coordinadamente para maximizar la productividad, sostenibilidad y resiliencia del sistema.

Esta consolidación requiere que el productor haya desarrollado las capacidades técnicas y de manejo necesarias para manejar un sistema complejo. Un Sistema Silvopastoril Intensivo exitoso demanda comprensión de las interacciones entre pastos, árboles, ganado y clima, así como habilidades para ajustar el manejo según las condiciones estacionales y los cambios en el contexto productivo.

La integración implica optimizar los flujos dentro del sistema: cómo mover el ganado entre potreros considerando la disponibilidad estacional de forraje, cómo aprovechar los productos múltiples del sistema (carne, leche, madera, servicios ambientales), y cómo mantener la productividad ante variaciones climáticas cada vez más intensas.

Durante esta etapa, el sistema genera beneficios suficientes para autofinanciar su mantenimiento y mejoramiento continuo. Los ingresos incrementados por la mayor productividad permiten realizar las inversiones necesarias para mantener la infraestructura, renovar componentes que completan su ciclo, y realizar los ajustes necesarios para adaptarse a condiciones cambiantes.

La consolidación también implica desarrollar protocolos de manejo que permitan mantener la calidad del sistema a largo plazo: cuándo y cómo renovar pastos, cómo manejar la sucesión natural en los componentes arbóreos, cómo ajustar la capacidad de carga según la productividad cambiante del sistema, y cómo mantener el balance entre productividad y sostenibilidad ambiental.

Esta lógica de implementación reconoce que la transformación hacia sistemas sostenibles es un proceso de aprendizaje continuo donde cada etapa se construye sobre los logros de la anterior, pero mantiene la flexibilidad necesaria para adaptarse a las condiciones específicas de cada finca y a las capacidades reales de cada productor.



CRONOGRAMA DE TRANSFORMACIÓN PARA UNA FINCA DE 30 HECTÁREAS

FASE 0

DIAGNÓSTICO Y PLANIFICACIÓN

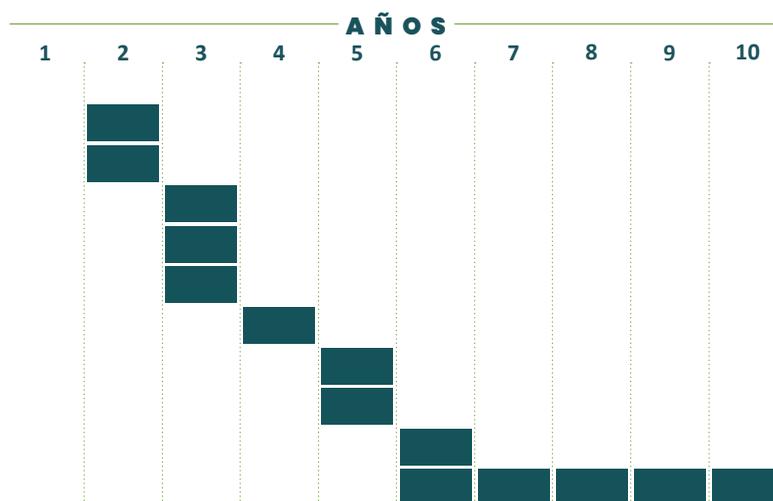
- Caracterización general de la finca
- Zonificación por aptitud
- Definición del objetivo productivo
- Cálculos técnicos fundamentales



FASE 1

POTREROS PLANOS (8 ha)

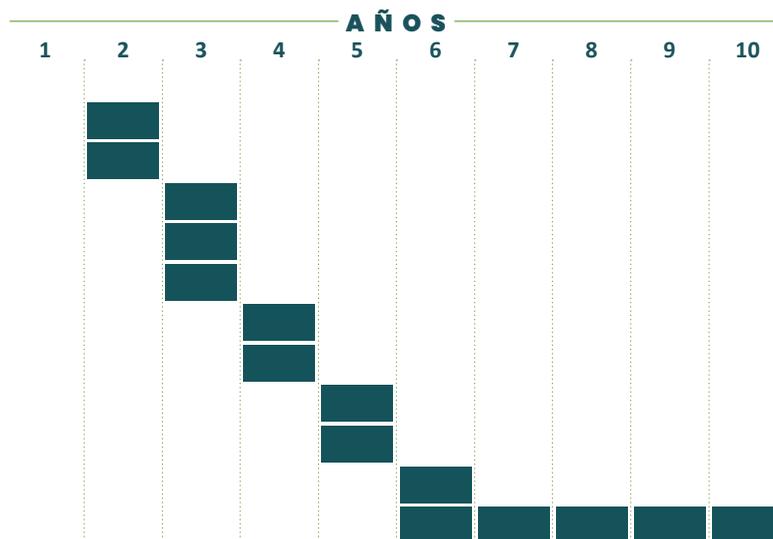
- Ampliación de las aguadas existentes
- División en 4 potreros iniciales
- Subdivisión a 5 potreros
- Bebederos adicionales
- Plantación de árboles de sombra rápida
- Banco forrajero inicial (0.8 ha)
- Ampliación del banco forrajero (1.2 ha)
- Árboles maderables diversificación
- Optimización rotación integrada
- Mantenimiento y ajustes finos



FASE 2

POTREROS ONDULADOS (14 ha)

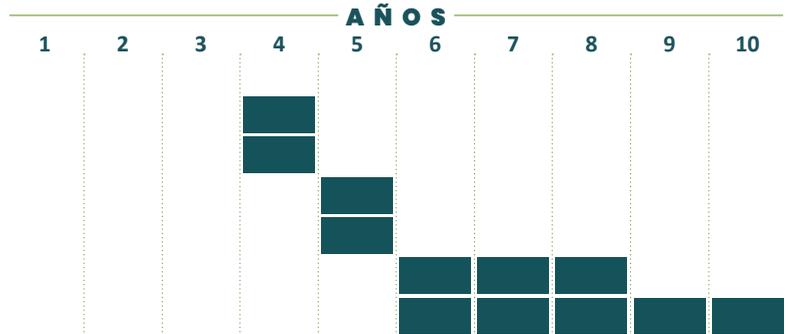
- Construcción aguada nueva
- División inicial 8 ha en 4 potreros
- Completar divisiones (7 potreros total)
- Red de bebederos en áreas restantes
- Resembrar 4 ha más degradadas
- Banco forrajero inicial (0.5 ha)
- Cercas vivas para el control de la erosión
- Ampliación del banco forrajero (0.8 ha)
- Completar cercas vivas en todas divisiones
- Mejoramiento de pastos degradados
- Integración de un sistema rotacional



FASE 3

BOSQUE SECUNDARIO (6 ha)

- Decisión de uso del suelo
- Limpieza de 2 ha para silvopastoreo
- Infraestructura inicial (cerca + agua)
- Establecimiento de silvopastoreo planificado
- Enriquecimiento en 4 ha de bosque remanente
- Manejo integrado silvopastoril



FASE 4

BOSQUE MADURO (3 ha)

- Cerca perimetral de protección
- Enriquecimiento forestal
- Manejo de conservación continuo



HITOS PRINCIPALES

- Sistema hídrico completo
- Rotación básica funcionando
- Bancos forrajeros productivos
- Silvopastoreo establecido
- Sistema integrado funcionando
- SSPi consolidado



RESULTADOS ACUMULATIVOS

- Potreros divididos
- Bancos forrajeros (ha)
- Silvopastoreo (ha)
- Cobertura arbórea (%)
- Unidades Animal total

	AÑOS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Potreros divididos	4	10	10	10	10	12	12	12	12	12
Bancos forrajeros (ha)	0	0	0	1.3	2	2	2	2	2	2
Silvopastoreo (ha)	0	0	0	2	4	4	4	4	4	4
Cobertura arbórea (%)	5	5	5	15	25	35	40	40	45	45
Unidades Animal total	12	12	14	16.5	20.4	22	26	30	31	31

FICHAS TÉCNICAS DE IMPLEMENTACIÓN

2.1. Propósito y uso de las fichas técnicas

Las fichas técnicas que se presentan constituyen herramientas prácticas diseñadas para orientar la implementación de las cinco soluciones principales identificadas a partir de las experiencias exitosas documentadas en fincas ganaderas de los municipios de Flores, Santa Ana y San José, Petén. Estas fichas no pretenden ser manuales técnicos exhaustivos, sino guías orientadoras que faciliten la toma de decisiones y la planificación de intervenciones por parte de diferentes actores.

PARA PRODUCTORES GANADEROS

Proporcionan una ruta clara de implementación que les permite identificar por dónde comenzar según sus problemas específicos, qué esperar en cada fase de implementación, y cómo las diferentes prácticas se complementan entre sí para maximizar beneficios. La información está presentada en un lenguaje accesible que conecta directamente con las experiencias locales documentadas.

PARA TÉCNICOS Y EXTENSIONISTAS

Ofrecen marcos de referencia para el acompañamiento técnico, criterios para evaluar avances entre fases, y orientación sobre metodologías especializadas desarrolladas por instituciones reconocidas. Cada ficha incluye referencias a protocolos técnicos validados que pueden consultarse para obtener detalles específicos de implementación.

PARA AUTORIDADES MUNICIPALES Y DEPARTAMENTALES

Evidencian el potencial de transformación de cada solución, los tipos de apoyo institucional requeridos, y las contribuciones esperadas a objetivos más amplios de desarrollo sostenible. Esta información facilita la planificación de programas de apoyo y la asignación de recursos institucionales.

PARA ORGANIZACIONES DE COOPERACIÓN Y FINANCIADORES

Documentan enfoques técnicamente sólidos basados en evidencia local, con referencias a experiencias similares que permiten evaluar la viabilidad y el potencial de impacto. La estructura por fases facilita el diseño de esquemas de financiamiento adaptados a diferentes capacidades de inversión.



2.2. Estructura y metodología de las fichas

2.2.1. Las tres fases de implementación

Cada solución técnica se presenta organizada en **tres fases** progresivas que permiten la implementación gradual según las capacidades técnicas y los recursos disponibles. Esta estructura se fundamenta en la experiencia documentada de los productores de Petén, quienes implementaron exitosamente las prácticas siguiendo secuencias similares.

FASE

01

ESTABLECIMIENTO BÁSICO

Se enfoca en resolver las necesidades más urgentes con intervenciones de menor complejidad técnica y requerimientos de inversión. Esta fase establece las bases fundamentales que permiten el funcionamiento de las fases posteriores. Los productores pueden observar beneficios inmediatos que motivan la continuidad del proceso.

FASE

02

INTENSIFICACIÓN PLANIFICADA

Incorpora componentes que requieren mayor planificación técnica y conocimientos especializados, pero que amplifican significativamente los beneficios obtenidos en la fase anterior. Esta fase optimiza el funcionamiento del sistema y prepara las condiciones para la integración completa.

FASE

03

OPTIMIZACIÓN INTEGRADA

Desarrolla el máximo potencial de cada solución mediante la integración de todos los componentes técnicos y el manejo especializado del sistema completo. Esta fase representa el objetivo técnico hacia el cual convergen todas las intervenciones anteriores.

2.2.2. Criterios para avanzar entre fases

El avance entre fases no debe basarse únicamente en criterios temporales, sino en la consolidación efectiva de cada componente y el desarrollo de capacidades técnicas apropiadas por parte del productor.

CRITERIOS TÉCNICOS

Las infraestructuras, especies, o sistemas establecidos en cada fase deben estar funcionando apropiadamente y demostrando los beneficios esperados antes de agregar complejidad adicional.

CRITERIOS DE APROPIACIÓN

El productor debe haber desarrollado confianza y competencia en el manejo de las prácticas implementadas, evidenciada por su capacidad de resolver problemas básicos y adaptar las recomendaciones a condiciones específicas de su finca.

CRITERIOS ECONÓMICOS

Los beneficios de cada fase deben ser perceptibles para el productor, ya sea en términos de reducción de problemas, mejoramiento de indicadores productivos, o disminución de costos de producción.

2.2.3. Interconexiones entre soluciones

Las cinco soluciones presentadas no son independientes entre sí, sino que forman un sistema integrado donde el éxito de cada componente depende del funcionamiento apropiado de los otros. Esta interdependencia explica por qué los productores más exitosos siguieron secuencias lógicas de implementación que respetan las dependencias técnicas.

DEPENDENCIAS FUNDAMENTALES

El manejo apropiado del agua constituye un prerrequisito para el éxito de todas las demás soluciones. Sin disponibilidad hídrica apropiada, las mejoras en el pastoreo, bancos forrajeros, y sistemas silvopastoriles no pueden alcanzar su potencial productivo.

SINERGIAS TÉCNICAS

El manejo mejorado del pastoreo potencia la efectividad de los bancos forrajeros al evitar la sobreexplotación. Los sistemas de sombra mejoran la eficiencia del pastoreo rotacional al permitir que el ganado utilice más horas del día para alimentarse, y las prácticas de adaptación climática fortalecen la resistencia de todos los componentes del sistema.

COMPLEMENTARIEDADES ECONÓMICAS

La implementación coordinada de múltiples soluciones genera beneficios superiores a la suma de beneficios individuales, mejorando significativamente la relación costo-beneficio de las inversiones realizadas.

2.2.4. Fuentes de apoyo técnico y referencias metodológicas

Cada ficha incluye referencias específicas a metodologías técnicas desarrolladas y validadas por instituciones especializadas, reconociendo que existen protocolos técnicos detallados que pueden consultarse para aspectos específicos de implementación.

- **Metodologías institucionales validadas.** Se hace referencia a protocolos desarrollados por CATIE, MAGA, INAB, y otras instituciones reconocidas que han sistematizado experiencias exitosas en condiciones similares a las de Petén.
- **Evidencia económica contextualizada.** Se incluyen referencias a estudios costo-beneficio realizados en otros países para sistemas similares, proporcionando marcos de referencia para evaluar la viabilidad económica sin pretender reemplazar análisis específicos para cada situación.
- **Apoyo institucional disponible.** Se identifican las instituciones que pueden proporcionar asistencia técnica especializada, financiamiento, o insumos para cada tipo de solución, facilitando el acceso a recursos de apoyo.



FICHA 2.3. TÉCNICAS

SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA GANADO

PROBLEMA QUE RESUELVE

La falta de agua para el ganado en fincas que ya cuentan con aguadas pero que presentan problemas de capacidad, distribución, o calidad. El 89% de las fincas evaluadas tienen aguadas construidas en décadas anteriores que no satisfacen las necesidades actuales debido a: la capacidad insuficiente para el hato actual, mala distribución que obliga al ganado a caminar más de 500 metros, deterioro de la infraestructura que contamina el agua, y falta de mantenimiento que reduce la vida útil del sistema.

Los testimonios evidencian que «los animales caminaban hasta 500 metros para beber en la época seca», mostrando que el problema no es la ausencia de infraestructura, sino la optimización de los sistemas existentes.

PRINCIPIO TÉCNICO FUNDAMENTAL

La solución se fundamenta en la **evaluación, rehabilitación, ampliación y optimización** de sistemas hídricos existentes, complementados estratégicamente con nueva infraestructura donde sea necesario. El enfoque técnico requiere:

1) Calcular la demanda hídrica real del hato actual y proyectado.

2) Evaluar la capacidad de almacenamiento y captación existente.

3) Diseñar la distribución óptima para minimizar distancias de acceso.

4) Dimensionar complementos requeridos para cerrar brechas identificadas.

FASES DE IMPLEMENTACIÓN

FASE 1

EVALUACIÓN TÉCNICA Y REHABILITACIÓN BÁSICA

- **Cálculos técnicos requeridos:**
 - Demanda hídrica anual, capacidad actual de aguadas existentes, balance hídrico por época climática.
 - Capacidad actual de aguadas existentes (volumen útil medido).
 - Balance hídrico: oferta vs. demanda por época climática.
- **Metodología recomendada:** Aplicar criterios de evaluación de sistemas hídricos desarrollados por instituciones especializadas (ej. recomendaciones de CATIE para evaluación de sistemas hídricos).
- **Actividades:** Limpieza y reparación de aguadas, protección contra contaminación, e instalación de bebederos externos.
- **Criterio de avance:** Balance hídrico positivo durante al menos ocho meses del año (inicial).

FASE 2

DISTRIBUCIÓN ESTRATÉGICA OPTIMIZADA

- **Cálculos técnicos requeridos:** Mapeo de distancias desde las aguadas a los potreros, identificación de áreas >200m de acceso a agua, dimensionamiento de aguadas secundarias.
- **Metodología recomendada:** Usar criterios de MAGA, CATIE y otros para la zonificación hídrica en sistemas ganaderos.
- **Actividades:** Construcción de aguadas estratégicas, instalación de red de bebederos, conexiones por gravedad, donde sea posible.
- **Criterio de avance:** Acceso a agua <200m en todos los potreros utilizados.

FASE 3

SISTEMA INTERCONECTADO RESILIENTE

- **Cálculos técnicos requeridos:** capacidad total requerida para años secos (demanda + 25% de reserva), diseño de interconexiones por gravedad y bombeo (en casos necesarios), balance costo-beneficio de automatización vs. manejo manual.
- **Metodología recomendada:** Aplicar estándares de ingeniería rural para sistemas interconectados.
- **Actividades:** Interconexión de aguadas, instalación de sistemas de bombeo solar, automatización de distribución.
- **Criterio de consolidación:** Autosuficiencia hídrica en años de sequía extrema.

METODOLOGÍAS PARA CÁLCULOS TÉCNICOS

- **Para evaluación de capacidad existente:** Utilizar metodologías probadas, como la de CATIE (Palma et al., 2011) que incluye medición directa de volúmenes, evaluación de tasas de infiltración, y cálculo de pérdidas por evaporación según la zona climática.
- **Para dimensionamiento de sistemas:** Aplicar los criterios técnicos desarrollados que consideran el crecimiento futuro del hato ganadero y la variabilidad climática estimada en Petén.
- **Para diseño de distribución:** Consultar los protocolos de MAGA para zonificación hídrica en sistemas ganaderos rotacionales, incluyendo criterios de ubicación y dimensionamiento de bebederos.
- **Para sistemas interconectados:** Usar las guías técnicas de ingeniería rural, adaptadas a condiciones de fincas medianas.

INTERCONEXIONES CON OTRAS SOLUCIONES

BASE PARA MANEJO DE PASTOREO

La distribución apropiada de agua permite implementar rotación efectiva al eliminar concentración del ganado en áreas específicas, y las pérdidas por pisoteo excesivo.

REQUISITO PARA BANCOS FORRAJEROS

Las especies forrajeras intensivas requieren disponibilidad hídrica para riego durante el establecimiento y las épocas críticas. Esto asegura provisión de pasto en épocas críticas.

COMPLEMENTO A ADAPTACIÓN CLIMÁTICA

Los sistemas optimizados de agua constituyen la principal estrategia de resistencia a sequías intensificadas.

FACTORES CRÍTICOS DE ÉXITO IDENTIFICADOS

Dimensionamiento apropiado basado en cálculos reales

Los sistemas más exitosos fueron dimensionados considerando la demanda hídrica real del hato actual y proyectado, variabilidad climática histórica, y tasas de evaporación específicas de la zona, evitando el sub dimensionamiento del sistema, lo que genera escasez, o el sobredimensionamiento, que incrementa costos innecesariamente.

Calidad de construcción con materiales apropiados

Las técnicas constructivas adecuadas a la región y el uso de materiales resistentes al clima tropical determinó la durabilidad y funcionalidad a largo plazo del sistema. Los productores exitosos priorizaron la impermeabilización apropiada y estructuras resistentes a variaciones térmicas.

Mantenimiento preventivo sistematizado

Los productores que establecieron rutinas regulares de limpieza, reparación de fisuras, y protección contra contaminación aseguraron el funcionamiento continuo de los sistemas. El mantenimiento preventivo resultó más económico que las reparaciones correctivas.

Integración con planificación general de la finca

Los sistemas de agua más exitosos fueron diseñados considerando la distribución futura de potreros, las necesidades de otras prácticas productivas (bancos forrajeros), y la topografía natural para optimizar la distribución por gravedad.

Protección contra la contaminación

Los sistemas que incorporaron medidas efectivas de protección contra contaminación animal directa, escorrentía superficial y sedimentación, mantuvieron mejor calidad de agua y menor frecuencia de problemas sanitarios.

EVIDENCIA ECONÓMICA DE REFERENCIA

Estudios en sistemas ganaderos tropicales demuestran la importancia crítica del acceso apropiado al agua para mantener la productividad y el bienestar animal. La optimización de sistemas hídricos existentes ha mostrado ser más costo-efectiva que la construcción de sistemas completamente nuevos en fincas con infraestructura previa.

REFERENCIAS TÉCNICAS ESPECIALIZADAS

- Basán Nickisch, M., Lahitte, A., Sosa, D., Sánchez, L., & Tosolini, R. (2017). Aguadas para ganadería bovina en los bajos submeridionales y áreas de influencia. RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias, 43(1), 1-12.
- Palma, E., Cruz, J., Martínez, A., Aguilar, A., Nieuwenhuyse, A. (2011). ¿Cómo construir mejores aguadas para el suministro de agua al ganado? Serie técnica. Manual técnico / CATIE ; no. 101.
- FAO. (1993). Interrelations between the components of the system (man, water, livestock, rangeland). En: Water for livestock in pastoral areas of Africa. Land and Water Development Division, FAO, Rome.

MANEJO MEJORADO DE PASTOS Y POTREROS

PROBLEMA QUE RESUELVE

La degradación de la capacidad productiva de pasturas constituye una limitante identificada en fincas que ya cuentan con infraestructura ganadera establecida, pero presentan problemas de sobrepastoreo, distribución desigual del ganado, y consecuente reducción de la productividad forrajera. Esta problemática se manifiesta principalmente a través de áreas sobre pastoreadas con parches de suelo desnudo, concentración del ganado en sitios específicos, y pérdida gradual de la capacidad de carga de los potreros.

Los testimonios documentados evidencian que «mis potreros ya no producen como antes» y «el ganado siempre pasta en los mismos lugares», reflejando la percepción generalizada de declive productivo asociado con prácticas de manejo que no permiten períodos apropiados de recuperación de los pastos.

PRINCIPIO TÉCNICO FUNDAMENTAL

La solución se fundamenta en la **optimización del uso de pasturas existentes** mediante la transformación de sistemas de pastoreo continuo hacia enfoques rotacionales que equilibren la utilización del forraje disponible con la recuperación de la capacidad productiva del sistema. El principio técnico reconoce que el manejo apropiado del pastoreo constituye la base fundamental para cualquier intensificación sostenible posterior del sistema ganadero.

El enfoque técnico requiere:

1) Evaluar la capacidad de carga actual de los potreros existentes.

2) Implementar una división funcional que permita la rotación efectiva.

3) Establecer períodos apropiados de ocupación y descanso.

4) Ajustar la carga animal según la oferta forrajera disponible.

FASES DE IMPLEMENTACIÓN

FASE 1

DIVISIÓN BÁSICA Y CONTROL DE MOVIMIENTO DE GANADO

- **Diagnóstico requerido:** Mapeo de áreas actualmente sobre pastoreadas y subutilizadas, conteo del ható actual y estimación de la carga animal por potrero, identificación de fuentes de agua y accesos existentes.
- **Metodología recomendada:** Aplicar criterios técnicos para la división básica de potreros ganaderos según topografía y recursos disponibles, como los recomendados por CATIE (Pezo, 2018).
- **Actividades:** Iniciar la división de potreros grandes en unidades de 3-5 hectáreas, instalación de cercas temporales o permanentes y establecimiento de al menos 8-10 divisiones funcionales.
- **Criterio de avance:** Capacidad de rotar el ganado entre al menos 8 potreros con períodos de descanso mínimos de 21-28 días.

FASE 2

ROTACIÓN PLANIFICADA CON CRITERIOS TÉCNICOS

- **Evaluaciones técnicas requeridas:** estimación de la producción forrajera por época climática (época seca y lluviosa), cálculo de días de ocupación según la disponibilidad de forraje, determinación de la capacidad de carga óptima por potrero.
- **Metodología recomendada:** Usar protocolos de evaluación de pasturas desarrollados por institutos regionales de investigación (CATIE (Cruz et al., 2007), CIAT (Thomas & da Rocha, 1986)).
- **Actividades:** Implementación de rotación basada en la disponibilidad forrajera, ajuste de tiempos de ocupación según la época del año, establecimiento de criterios de entrada y salida del ganado.
- **Criterio de avance:** Sistema de rotación funcionando con tiempos de ocupación de 3-7 días y descansos de 21-35 días según la época.

FASE 3

MANEJO ADAPTATIVO INTENSIVO

- **Optimizaciones técnicas requeridas:** Recalculo y ajuste de la capacidad de carga, según la respuesta de las pasturas, implementación de manejo diferenciado por categoría animal, integración con sistemas de suplementación estratégica.
- **Metodología recomendada:** Aplicar principios de manejo adaptativo de pastoreo desarrollados por el CIAT y CATIE para sistemas tropicales.
- **Actividades:** Manejo diferenciado por épocas climáticas, rotación acelerada en época de crecimiento, ajuste preventivo de carga en épocas críticas.
- **Criterio de consolidación:** Sistema respondiendo adaptativamente a variaciones climáticas con mantenimiento de la productividad forrajera.

METODOLOGÍAS PARA CÁLCULOS TÉCNICOS

- **Para evaluación de pasturas:** Utilizar metodologías de evaluación visual de disponibilidad forrajera desarrolladas por el CIAT para productores, que permiten estimar la biomasa disponible sin equipos especializados, pero con precisión suficiente para manejo práctico.
- **Para cálculo de capacidad de carga:** Aplicar las fórmulas simplificadas desarrolladas por el INTA para condiciones tropicales, que consideran producción estacional de biomasa, calidad nutricional, y requerimientos por categoría animal.
- **Para diseño de rotación:** Consultar los protocolos de CATIE para sistemas de pastoreo rotacional en fincas medianas, incluyendo criterios para determinar el número óptimo de divisiones según el tamaño de finca y el tipo de ganado.
- **Para manejo adaptativo:** Usar las guías de IDIAP para el ajuste estacional del pastoreo, que incluyen indicadores prácticos para modificar la intensidad de pastoreo según las condiciones climáticas.

INTERCONEXIONES CON OTRAS SOLUCIONES

DEPENDENCIA DEL AGUA

La rotación efectiva requiere acceso apropiado a agua en todos los potreros. La distribución estratégica de agua facilita la implementación de divisiones funcionales y evita la concentración del ganado.

BASE PARA INTENSIFICACIÓN

El manejo mejorado del pastoreo es requisito previo para bancos forrajeros exitosos, ya que evita la sobreexplotación de especies mejoradas y permite la planificación de la suplementación.

COMPLEMENTO A SISTEMAS SILVOPASTORILES

La rotación planificada optimiza los beneficios de la sombra arbórea al distribuir apropiadamente la presión de pastoreo.

ESTRATEGIA DE ADAPTACIÓN CLIMÁTICA

El manejo flexible del pastoreo constituye la herramienta principal para ajustar sistemas ganaderos a la variabilidad climática intensificada.

FACTORES CRÍTICOS DE ÉXITO IDENTIFICADOS

Planificación según recursos disponibles

Los sistemas más exitosos fueron diseñados considerando la disponibilidad real de mano de obra de la finca (familiar o contratada), recursos financieros para invertir en cercas permanentes, y capacidades técnicas de manejo, evitando diseños demasiado complejos para las condiciones específicas de cada finca.

Implementación gradual y adaptativa

Los productores que avanzaron progresivamente desde divisiones básicas hacia sistemas más sofisticados tuvieron mayor éxito y sostenibilidad que quienes intentaron implementar sistemas complejos inmediatamente sin desarrollar experiencia práctica.

Flexibilidad en criterios de manejo

La capacidad de adaptar los tiempos de rotación según las condiciones climáticas, disponibilidad forrajera real, y el estado de los pastos resultó fundamental para el éxito a largo plazo del sistema, más importante que seguir cronogramas rígidos.

Apropiación técnica genuina del productor

Los sistemas más sostenibles fueron aquellos donde el productor desarrolló criterios propios para evaluar el estado de los pastos, determinar momentos de entrada y salida del ganado, y tomar decisiones de manejo basándose en observación directa.

EVIDENCIA ECONÓMICA DE REFERENCIA

La investigación en sistemas ganaderos tropicales ha demostrado consistentemente que el pastoreo rotacional mejora la productividad de las pasturas y la eficiencia del sistema ganadero comparado con sistemas de pastoreo continuo. Los beneficios incluyen mejor recuperación de los pastos, incremento en la capacidad de carga, y mejoramiento de la condición corporal del ganado.

REFERENCIAS TÉCNICAS ESPECIALIZADAS

- Rao, I.M., Peters, M., Castro, A., Schultze-Kraft, R., White, D., Fisher, M., Miles, J., Lascano, C.E., Blümmel, M., Bungenstab, D.J., Tapasco, J., Hyman, G., Bolliger, A., Paul, B.K., van der Hoek, R., Maass, B.L., Tiemann, T.T., Cuchillo, M., & Douchamps, S. (2015). LivestockPlus – The sustainable intensification of forage-based agricultural systems to improve livelihoods and ecosystem services in the tropics. *Tropical Grasslands*, 3, 59-82.
- Ibrahim, M., Villanueva, C., Casasola, F., & Rojas, J. (2006). Sistemas silvopastoriles como una herramienta para el mejoramiento de la productividad y restauración de la integridad ecológica de paisajes ganaderos. *Pastos y Forrajes*, 29, 383-419.

SEGURIDAD FORRAJERA ESTACIONAL

PROBLEMA QUE RESUELVE

El déficit forrajero durante el período seco constituye una limitante productiva crítica identificada en fincas que experimentan escasez estacional de alimento para el ganado, manifestándose a través del consumo de especies vegetales atípicas, pérdida de peso corporal durante la época seca, dependencia de forrajes o concentrados comerciales por períodos prolongados, y en casos extremos, venta forzada de animales por falta de alimento disponible.

Los testimonios documentados evidencian que «*los animales pierden peso en época seca*» y «*compro silo o concentrado en la época seca*», reflejando la vulnerabilidad estacional que compromete significativamente la productividad del sistema y genera dependencia de insumos externos costosos.

PRINCIPIO TÉCNICO FUNDAMENTAL

Se fundamenta en el **desarrollo de capacidades complementarias de producción forrajera** que aseguren la disponibilidad de alimento nutritivo durante el período de mayor escasez de pastos naturales. El principio técnico integra especies especializadas para época seca, técnicas de conservación apropiadas, y manejo diferenciado que optimice la seguridad alimentaria del sistema ganadero independientemente de las variaciones climáticas.

El enfoque requiere:

1) Calcular el déficit forrajero requerido en época seca.

2) Dimensionar los bancos forrajeros según las necesidades del hato.

3) Establecer especies adaptadas con alta productividad estacional.

4) Desarrollar esquemas de manejo que maximicen la disponibilidad y calidad nutricional.

FASES DE IMPLEMENTACIÓN

FASE 1

ESTABLECIMIENTO DE BANCOS FORRAJEROS BÁSICOS COMPLEMENTARIOS

- **Diagnóstico requerido:** Estimación del déficit forrajero durante la época seca (febrero-mayo), cálculo de requerimientos nutricionales del hato por categoría, identificación de áreas apropiadas para el establecimiento intensivo.
- **Metodología recomendada:** Aplicar criterios de dimensionamiento de bancos forrajeros desarrollados (Cruz & Nieuwenhuyse, 2008).
- **Actividades:** Establecimiento de bancos forrajeros mixtos (0.5-1 hectárea) con especies energéticas (pasto CT 169 (*Pennisetum* sp.) y proteicas (Botón de Oro (*Cratylia argentea*), Leucaena) de forma escalonada.
- **Criterio de avance:** Producción forrajera complementaria suficiente para cubrir alrededor del 60-80% del déficit identificado durante 3-4 meses críticos.

FASE 2

DIVERSIFICACIÓN Y OPTIMIZACIÓN NUTRICIONAL

- **Evaluaciones técnicas requeridas:** Análisis de calidad nutricional de forrajes establecidos, evaluación de palatabilidad y aceptación por el ganado, ajuste de proporciones energía/proteína según los objetivos productivos.
- **Metodología recomendada:** Usar protocolos de evaluación nutricional de forrajes tropicales.
- **Actividades:** Incorporación de leguminosas arbustivas (*Leucaena*, Madre cacao (*Gliricidia sepium*), establecimiento de áreas de corte y acarreo, implementación de sistemas de conservación básica (henificación simple).
- **Criterio de avance:** Dietas balanceadas disponibles con contenido proteico y energético apropiado para el mantenimiento y producción, según los objetivos del productor.

FASE 3

AUTOSUFICIENCIA ALIMENTARIA INTEGRAL

- **Optimizaciones técnicas requeridas:** Integración de sistemas de conservación de excedentes de época lluviosa (henificación), establecimiento de cronogramas de corte y manejo diferenciado por especie de forraje y desarrollo de capacidades locales de formulación de raciones.
- **Metodología recomendada:** Aplicar tecnologías de conservación de forrajes validadas en la región para pequeños y medianos productores.
- **Actividades:** Implementación de ensilaje/henificación de pastos excedentes, establecimiento de sistemas de almacenamiento apropiados, integración total con manejo de pastoreo rotacional.
- **Criterio de consolidación:** Autosuficiencia forrajera durante 12 meses con reservas estratégicas para años de sequía excepcional.

METODOLOGÍAS PARA CÁLCULOS TÉCNICOS

- **Para dimensionamiento de bancos:** Utilizar las metodologías de cálculo desarrolladas por el CIAT que estiman la superficie requerida basándose en el déficit forrajero, productividad esperada por especie, y requerimientos nutricionales por categoría animal.
- **Para selección de especies:** Aplicar criterios de adaptación desarrollados por EMBRAPA para condiciones de trópico seco, considerando factores como, la resistencia a sequía, la productividad estacional, la calidad nutricional, y la facilidad de manejo.
- **Para establecimiento:** Consultar protocolos técnicos de CATIE para preparación de suelos, densidades de siembra, manejo inicial, y cronogramas de corte según especies seleccionadas.
- **Para conservación:** Usar tecnologías simplificadas de INTA para henificación y ensilaje a pequeña escala, adaptadas a condiciones tropicales y recursos disponibles localmente.

INTERCONEXIONES CON OTRAS SOLUCIONES

DEPENDENCIA DEL AGUA

Los bancos forrajeros intensivos requieren disponibilidad hídrica para riego durante el establecimiento y las épocas críticas. Los sistemas de agua (Ficha 1) deben considerar las demandas adicionales para especies forrajeras.

INTEGRACIÓN CON PASTOREO

El manejo mejorado del pastoreo (Ficha 2) es prerequisite para el uso eficiente de los bancos forrajeros, evitando la sobreexplotación y permitiendo una planificación apropiada de la suplementación estratégica.

SINERGIAS CON SISTEMAS SILVOPASTORILES

Los bancos forrajeros se benefician de protección arbórea que reduce la evapotranspiración y mejora el microclima para las especies sensibles al estrés hídrico.

COMPONENTE DE ADAPTACIÓN CLIMÁTICA

Los sistemas de seguridad forrajera constituyen la principal estrategia para mantener la productividad ante la intensificación de sequías y variabilidad climática.

FACTORES CRÍTICOS DE ÉXITO IDENTIFICADOS

Planificación según déficit real

Los sistemas más exitosos fueron dimensionados basándose en cálculos precisos del déficit forrajero específico de cada finca, evitando sobredimensionamiento de los bancos, que incrementa costos, o subdimensionamiento que no resuelve el problema.

Especies apropiadas para condiciones locales

La selección de especies forrajeras adaptadas a suelo, clima, y capacidades de manejo de la finca/parcela resultó fundamental para el establecimiento exitoso y productividad sostenida de los bancos.

Manejo de establecimiento

El cuidado durante los primeros meses, incluyendo control de malezas, riego (en caso de ser necesario), y protección contra pastoreo, determinó el éxito a largo plazo.

Integración con manejo general

Los bancos forrajeros productivos fueron aquellos integrados efectivamente con el sistema de pastoreo rotacional y la planificación general de alimentación del hato.

EVIDENCIA ECONÓMICA DE REFERENCIA

La investigación en sistemas ganaderos tropicales ha documentado que los bancos forrajeros proporcionan una alternativa viable y económica para la suplementación durante épocas secas. Los estudios demuestran que estas tecnologías mejoran significativamente la seguridad alimentaria del ganado y reducen la dependencia de concentrados comerciales.

Un análisis del CATIE realizado en Costa Rica (Sánchez et al., 2010) confirma que los bancos forrajeros mixtos representan una alternativa económicamente más eficiente que los concentrados comerciales, al ofrecer costos entre un 40% y 60% menores por unidad de proteína digestible, además de brindar una mayor estabilidad en los precios.

REFERENCIAS TÉCNICAS ESPECIALIZADAS

- Holmann, F., Rivas, L., Carulla, J., Giraldo, L.A., Guzmán, S., Martínez, M., Rivera, B., Medina, A., & Farrow, A. (2004). Evolution of milk production systems in tropical Latin America and its interrelationship with markets: An analysis of the Colombian case. *Livestock Research for Rural Development*, 16(6), Article #45.
- Sánchez, L.Y., Andrade, H.J., & Rojas, J. (2010). Demanda de mano de obra y rentabilidad de bancos forrajeros en Esparza, Costa Rica. *Acta Agronómica*, 59(3), 363-371.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). (2007). Establecimiento y manejo de bancos forrajeros de *Cratylia argentea* en el trópico seco. CIAT Publicación, 362. CIAT, Cali, Colombia.

SOMBRA FUNCIONAL EN LOS POTREROS

PROBLEMA QUE RESUELVE

El estrés térmico en el ganado constituye una problemática identificada por la mayoría de los productores, manifestándose a través de comportamientos que comprometen el bienestar animal y la eficiencia productiva. Los problemas incluyen ganado que jadea constantemente durante días calurosos, búsqueda constante de sombra limitada, reducción significativa de horas de pastoreo durante temperaturas extremas, pérdida de peso en épocas de calor intenso, y mortalidad de árboles existentes por sequías intensificadas.

Los testimonios documentados evidencian que “los árboles se han secado por el verano, entre el 40-50% de árboles murieron” y “el ganado no come durante las horas más calurosas”, mientras que los datos climáticos muestran que los días extremadamente calurosos han pasado de 30-50 días/año en los años 1980 a más de 130 días/año en 2019, triplicando la exposición a condiciones críticas para el bienestar bovino.

PRINCIPIO TÉCNICO FUNDAMENTAL

La solución se fundamenta en el **establecimiento gradual de cobertura arbórea diversificada y funcional** que proporcione sombra efectiva, mejore el microclima de los potreros, y contribuya con ingresos de la finca y los servicios ecosistémicos complementarios. El principio técnico equilibra la necesidad de beneficios relativamente rápidos con el desarrollo de sistemas arbóreos sostenibles a largo plazo que integren productividad, conservación y adaptación climática.

El enfoque requiere:

1) Evaluar las necesidades de sombra según la carga animal y la distribución espacial.

2) Seleccionar especies apropiadas con diferentes velocidades de crecimiento.

3) Establecer densidades funcionales que optimicen los beneficios sin competir excesivamente con las pasturas.

4) Desarrollar un manejo integrado que evolucione hacia sistemas silvopastoriles intensivos.

FASES DE IMPLEMENTACIÓN

FASE 1

ESTABLECIMIENTO DE BANCOS FORRAJEROS BÁSICOS COMPLEMENTARIOS

- **Diagnóstico requerido:** Mapeo de áreas sin cobertura arbórea en potreros de mayor uso, evaluación de especies arbóreas existentes y su condición e identificación de sitios estratégicos para establecimiento prioritario.
- **Metodología recomendada:** Aplicar criterios de selección de especies de crecimiento rápido desarrollados por INAB para condiciones del departamento de Petén.
- **Actividades:** Siembra de especies de rápido crecimiento en densidades de 15-20 árboles/hectárea. En caso de requerir protección inicial contra ganado, establecimiento de sombreaderos temporales.
- **Criterio de avance:** Disponibilidad de sombra funcional en porcentaje significativo del área de los potreros principales después de 24-36 meses.

FASE 2

DIVERSIFICACIÓN ARBÓREA MULTIPROPÓSITO PLANIFICADA

- **Evaluaciones técnicas requeridas:** Análisis de crecimiento y adaptación de especies establecidas, evaluación de impactos sobre productividad de pasturas y selección de especies maderables y frutales según objetivos productivos.
- **Metodología recomendada:** Usar protocolos de CATIE para diseño de sistemas silvopastoriles graduales con especies nativas multipropósito.
- **Actividades:** Incorporación de especies maderables de valor comercial (cedro, caoba nativa) y frutales (aguacate, mango), establecimiento de cercas vivas multiestratos, manejo de regeneración natural asistida.
- **Criterio de avance:** Sistema diversificado con al menos 3-4 especies arbóreas funcionando complementariamente y generando beneficios adicionales a la sombra.

FASE 3

SISTEMA SILVOPASTORIL INTEGRADO OPTIMIZADO

- **Optimizaciones técnicas requeridas:** Integración completa con manejo de pastoreo rotacional, incorporación de arbustos forrajeros para ramoneo y optimización de densidades y distribución espacial.
- **Metodología recomendada:** Aplicar diseños de sistemas silvopastoriles intensivos validados en la región.
- **Actividades:** Establecimiento de sistemas multiestrato con gramíneas, leguminosas arbustivas, y árboles maderables, en densidades de 25-40 árboles/hectárea más arbustos forrajeros, manejo integrado de componentes.
- **Criterio de consolidación:** Sistema silvopastoril intensivo funcionando con beneficios productivos, ambientales y de bienestar animal optimizados.

METODOLOGÍAS PARA CÁLCULOS TÉCNICOS

- **Para selección de especies:** Utilizar el catálogo de especies nativas multipropósito desarrollado por INAB para diferentes zonas ecológicas de Guatemala, considerando factores como la adaptación local, la velocidad de crecimiento y los usos potenciales.
- **Para diseño espacial:** Aplicar criterios de distribución desarrollados por CATIE que optimizan la cobertura de sombra mientras minimizan la competencia con pasturas, considerando patrones de movimiento del ganado.
- **Para establecimiento:** Consultar protocolos técnicos para siembra, protección inicial, y manejo durante los primeros años, incluyendo técnicas de regeneración natural asistida para reducir costos.
- **Para manejo silvopastoril:** Usar metodologías integradas para el manejo de sistemas multiestrato, incluyendo criterios de poda, raleo y aprovechamiento sostenible de productos forestales.

INTERCONEXIONES CON OTRAS SOLUCIONES

COMPLEMENTO AL MANEJO HÍDRICO

Los árboles establecidos reducen la evaporación de aguadas y mejoran la infiltración de agua de lluvia, optimizando la eficiencia de los sistemas hídricos existentes.

SINERGIAS CON PASTOREO ROTACIONAL

La sombra distribuida facilita el mejor aprovechamiento de las pasturas durante las horas de mayor calor, incrementando el tiempo efectivo de pastoreo y optimizando la rotación planificada.

BENEFICIO PARA BANCOS FORRAJEROS

La protección arbórea reduce el estrés hídrico en especies forrajeras intensivas, mejorando la productividad y reduciendo los requerimientos de riego durante el establecimiento.

ESTRATEGIA DE ADAPTACIÓN CLIMÁTICA

Los sistemas arbóreos constituyen la principal herramienta para moderar el microclima local y desarrollar resistencia a temperaturas extremas intensificadas por el cambio climático.

FACTORES CRÍTICOS DE ÉXITO IDENTIFICADOS

Selección apropiada de especies para condiciones locales

Los sistemas más exitosos utilizaron especies nativas o adaptadas que demostraron resistencia a sequías locales, crecimiento apropiado para condiciones de suelo específicas, y compatibilidad con sistemas ganaderos.

Protección efectiva durante el establecimiento

El cuidado durante los primeros 18-24 meses, incluyendo protección contra ganado, control de malezas, y riego de supervivencia durante épocas críticas, determinó el éxito del establecimiento arbóreo.

Planificación de densidades apropiadas

Los productores exitosos establecieron densidades que proporcionan sombra efectiva (60-80% de cobertura) sin competir excesivamente con las pasturas, generalmente 25-40 árboles/hectárea en distribución estratégica.

Integración gradual con manejo ganadero

Los sistemas más sostenibles fueron aquellos donde la incorporación arbórea se realizó coordinadamente con mejoramiento del pastoreo, evitando conflictos de manejo y optimizando los beneficios sinérgicos.

Manejo de expectativas temporales

Los productores exitosos comprendieron que los beneficios completos de sombra se desarrollan progresivamente durante los primeros 3-5 años, combinando especies de crecimiento rápido para beneficios inmediatos con especies de valor a largo plazo.

Diversificación de beneficios

Los sistemas más exitosos no se enfocaron únicamente en sombra, sino que integraron objetivos de producción de madera, frutos, forraje, y servicios ambientales, mejorando la viabilidad económica global del sistema.

EVIDENCIA ECONÓMICA DE REFERENCIA

Estudios del CATIE en Costa Rica (Pezo & Ibrahim, 2019) reportan que los sistemas silvopastoriles pueden aumentar la productividad animal por hectárea entre un 20-35%, y reducir la mortalidad asociada al estrés térmico entre un 60-80%. Además, generan retornos de inversión anuales del 25% al 40% a partir del tercer año de implementación.

Investigaciones de CIPAV en Colombia (Murgueitio et al., 2015) documentan que la incorporación gradual de sombra en sistemas ganaderos genera beneficios netos de 150-250 USD/hectárea/año considerando el incremento productivo, reducción de mortalidad, y productos forestales complementarios.

Experiencias de EMBRAPA en Brasil (Almeida et al., 2013) indican que cada árbol establecido genera beneficios económicos de 15-25 USD/año por mejoramiento en bienestar animal, incremento en producción láctea durante épocas calurosas, y productos forestales secundarios.

Análisis de CIAT en México (Villanueva et al., 2018) confirman que los sistemas silvopastoriles con sombra apropiada mantienen la productividad estable durante épocas de temperaturas extremas, mientras que, sistemas sin sombra experimentan reducciones del 15-30% en indicadores productivos.

REFERENCIAS TÉCNICAS ESPECIALIZADAS

- Murgueitio, E., Calle, Z., Uribe, F., Calle, A., & Solorio, B. (2011). Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. *Forest Ecology and Management*, 261(10), 1654-1663.
- Ibrahim, M., Villanueva, C., Casasola, F., & Rojas, J. (2006). Sistemas silvopastoriles como una herramienta para el mejoramiento de la productividad y restauración de la integridad ecológica de paisajes ganaderos. *Pastos y Forrajes*, 29, 383-419.
- INAB (Instituto Nacional de Bosques). (2023). Guía Técnica de especies forestales nativas para restauración del paisaje forestal de Guatemala. INAB Serie Técnica GT-050A(2021). INAB, Guatemala.

RESISTENCIA A SEQUÍAS INTENSIFICADAS

PROBLEMA QUE RESUELVE

La intensificación de sequías constituye una problemática emergente identificada por la mayoría de los productores, manifestándose a través de prolongación de períodos secos, modificación de patrones de precipitación, reducción de la productividad forrajera, y consecuente compromiso de la sostenibilidad de los sistemas ganaderos tradicionales. Los problemas incluyen épocas secas progresivamente más largas, lluvias que llegan tarde o terminan temprano, potreros que producen menos forraje que en años anteriores, sequías más intensas y prolongadas, mayor dificultad para mantener el ganado durante épocas críticas, y percepción generalizada de cambio climático.

Los testimonios documentados evidencian que, “la época seca cada año es más larga que antes” y “las sequías prolongadas, han provocado pérdidas en peso y condición física del ganado”. Los datos meteorológicos confirman un aumento en la cantidad de días secos con precipitaciones menores a 1 mm, que en 2019 alcanzaron los 259 días, lo que equivale al 71% del año sin lluvias significativas.

PRINCIPIO TÉCNICO FUNDAMENTAL

La solución se fundamenta en el **desarrollo de capacidades adaptativas integrales del sistema productivo** mediante diversificación de estrategias de manejo, implementación de componentes resistentes a sequía, y establecimiento de protocolos de manejo que permitan mantener la productividad apropiada bajo condiciones de variabilidad climática intensificada. El principio técnico trasciende limitaciones específicas de factores individuales, requiriendo estrategias sistémicas de adaptación climática.

El enfoque requiere:

1) Identificar vulnerabilidades específicas del sistema ante sequías intensificadas.

2) Implementar componentes resistentes que mantengan el funcionamiento durante los períodos críticos.

3) Desarrollar protocolos adaptativos de manejo preventivo.

4) Integrar todas las soluciones como estrategia comprensiva de resiliencia climática.

FASES DE IMPLEMENTACIÓN

FASE 1

COMPONENTES RESISTENTES BÁSICOS Y CONSERVACIÓN HÍDRICA

- **Diagnóstico requerido:** Mapeo de áreas más vulnerables a sequías dentro de la finca, evaluación de especies de pastos actuales y su resistencia a estrés hídrico e identificación de períodos críticos y factores de riesgo específicos.
- **Metodología recomendada:** Aplicar protocolos de evaluación de vulnerabilidad climática desarrollados por CIAT para sistemas ganaderos tropicales.
- **Actividades:** Introducción de pastos resistentes/tolerantes a sequías, mejoramiento de sistemas de conservación de agua y establecimiento de reservas forrajeras estratégicas.
- **Criterio de avance:** Sistema capaz de mantener una productividad básica durante sequías de intensidad moderada, con periodos de 90 a 120 días sin lluvias significativas.

FASE 2

MANEJO ADAPTATIVO INTEGRADO CON AJUSTE PREVENTIVO

- **Evaluaciones técnicas requeridas:** Desarrollo de indicadores de alerta temprana específicos para la finca, establecimiento de protocolos de ajuste preventivo de carga animal y planificación diferenciada de áreas de uso por época climática.
- **Metodología recomendada:** Usar sistemas de alerta y protocolos de manejo adaptativo desarrollados para ganadería en condiciones de estrés climático.
- **Actividades:** Implementación de manejo diferenciado por zonas según vulnerabilidad, ajuste preventivo de carga animal antes de períodos críticos y establecimiento de áreas de reserva para emergencias.
- **Criterio de avance:** Sistema con capacidad de respuesta temprana ante indicadores de alerta, aplicando ajustes preventivos que minimizan las pérdidas de productividad.

FASE 3

RESILIENCIA SISTÉMICA CON RESPUESTA RÁPIDA

- **Optimizaciones técnicas requeridas:** Integración completa de todas las soluciones implementadas como sistema resiliente, desarrollo de protocolos de respuesta rápida para eventos extremos, establecimiento de redes de apoyo y estrategias de contingencia.
- **Metodología recomendada:** Aplicar enfoques de resiliencia sistémica desarrollados para sistemas ganaderos climáticamente inteligentes.
- **Actividades:** Coordinación integral de agua, pastoreo, forrajes, sombra como sistema adaptativo, implementación de estrategias de diversificación productiva y establecimiento de mecanismos de respuesta a emergencias.
- **Criterio de consolidación:** Sistema capaz de mantener su viabilidad productiva y económica incluso durante episodios de sequías extremas.

METODOLOGÍAS PARA CÁLCULOS TÉCNICOS

- **Para evaluación de vulnerabilidad:** Utilizar herramientas de análisis de riesgo climático desarrolladas por CIAT que identifican factores específicos de vulnerabilidad y permiten priorizar intervenciones según impacto potencial.
- **Para selección de especies resistentes:** Aplicar criterios de selección de EMBRAPA para gramíneas y leguminosas tolerantes a estrés hídrico, considerando adaptación local, productividad bajo estrés, y compatibilidad con sistemas existentes.
- **Para protocolos de manejo:** Consultar guías de manejo adaptativo de INTA que incluyen indicadores de alerta temprana, criterios de ajuste preventivo, y estrategias de recuperación después de la sequía.
- **Para integración sistémica:** Usar marcos conceptuales de FAO para el desarrollo de sistemas ganaderos climáticamente inteligentes que integran múltiples estrategias de adaptación y mitigación.

INTERCONEXIONES CON OTRAS SOLUCIONES

BASE EN SISTEMAS HÍDRICOS RESILIENTES

Los sistemas de agua optimizados (Ficha 1) con múltiples fuentes y reservas estratégicas constituyen el fundamento para la resistencia a sequías prolongadas e intensas.

DEPENDENCIA DEL PASTOREO ADAPTATIVO

El manejo flexible del pastoreo (Ficha 2) proporciona la herramienta principal para ajustar la presión sobre los recursos forrajeros según la disponibilidad estacional variable.

INTEGRACIÓN CON SEGURIDAD FORRAJERA

Los bancos forrajeros resistentes (Ficha 3) funcionan como reservas estratégicas que permiten mantener una alimentación apropiada durante períodos críticos extendidos.

SINERGIA CON MICROCLIMA MEJORADO

Los sistemas de sombra funcional (Ficha 4) moderan condiciones extremas de temperatura y reducen el estrés hídrico tanto en el ganado como en los componentes vegetales del sistema.

FACTORES CRÍTICOS DE ÉXITO IDENTIFICADOS

Planificación preventiva basada en escenarios

Los sistemas más resilientes fueron diseñados anticipando diferentes niveles de intensidad de sequías, estableciendo protocolos específicos para sequías moderadas, severas, y extremas, evitando respuestas reactivas inadecuadas.

Diversificación estratégica de componentes

Los productores exitosos combinaron múltiples estrategias (especies resistentes, conservación hídrica, manejo adaptativo) en lugar de depender de soluciones únicas, distribuyendo riesgos y maximizando las probabilidades de éxito.

Desarrollo de indicadores locales de alerta

Los sistemas más efectivos desarrollaron criterios específicos y fácilmente observables (condición de pasturas, niveles de agua, comportamiento animal) para tomar decisiones preventivas antes de que las condiciones se vuelvan críticas.

Flexibilidad en protocolos de manejo

Los productores exitosos mantuvieron la capacidad de ajustar estrategias según las condiciones específicas de cada evento, combinando protocolos establecidos con adaptaciones basadas en experiencia local y condiciones particulares.

Apropiación de tecnologías apropiadas

Los sistemas más sostenibles incorporaron tecnologías y especies que los productores pudieron manejar efectivamente con recursos disponibles, evitando dependencias tecnológicas complejas o costosas.

Integración con redes de apoyo

Los productores que desarrollaron conexiones con otros productores, instituciones técnicas, y programas de apoyo demostraron mayor capacidad de respuesta durante eventos extremos y recuperación posterior.

EVIDENCIA ECONÓMICA DE REFERENCIA

La investigación sobre adaptación climática en sistemas ganaderos tropicales ha documentado que los enfoques integrados de manejo son más efectivos que las estrategias individuales para mantener la productividad durante eventos climáticos extremos. Los sistemas que combinan múltiples estrategias de adaptación demuestran mayor resiliencia y estabilidad productiva.

REFERENCIAS TÉCNICAS ESPECIALIZADAS

- Harvey, C.A., Chacón, M., Donatti, C.I., Garen, E., Hannah, L., Andrade, A., Bede, L., & Brown, D. (2014). Climate-smart landscapes: opportunities and challenges for integrating adaptation and mitigation in tropical agriculture. *Conservation Letters*, 7(2), 77-90.
- Rao, I.M., Peters, M., Castro, A., Schultze-Kraft, R., White, D., Fisher, M., Miles, J., Lascano, C.E., Blümmel, M., Bungenstab, D.J., Tapasco, J., Hyman, G., Bolliger, A., Paul, B.K., van der Hoek, R., Maass, B.L., Tiemann, T.T., Cuchillo, M., & Douchamps, S. (2015). LivestockPlus – The sustainable intensification of forage-based agricultural systems to improve livelihoods and ecosystem services in the tropics. *Tropical Grasslands*, 3, 59-82.
- FAO. (2016). *Climate-smart agriculture sourcebook: Summary*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 137 pp.



**Cada árbol
que se integra
al sistema
es un paso
hacia una
ganadería
más
productiva y
sostenible.**



La presente guía fue elaborada gracias al apoyo del proyecto: **“Apoyando la adaptación a través de la restauración productiva del paisaje: de los agricultores a las políticas públicas”**, financiado por la Iniciativa Climática del Ministerio Alemán de Medio Ambiente, Conservación de la Naturaleza, y Seguridad Nuclear (BMU-IKI), el Programa de las Naciones Unidas de Medio Ambiente, y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), implementado por Rainforest Alliance.

