



Serie Técnica
Informe Técnico N° 222

**TECNOLOGIAS PRODUCTIVAS
PARA SISTEMAS AGROSILVOPECUARIOS
DE LADERA CON SEQUIA ESTACIONAL**

Ricardo Radulovich
(editor)

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza

CATIE

1994

Turrialba

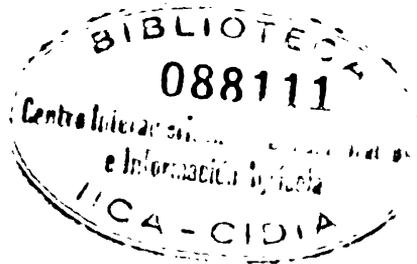
Costa Rica
Digitized by 

El CATIE es una institución de carácter científico y educacional, cuyo propósito fundamental es la investigación y la enseñanza de posgrado en el campo de las ciencias agropecuarias y de los recursos naturales renovables aplicados al trópico americano.

Esta es una publicación del Proyecto Sistemas Agrosilvopastoriles Sostenibles para Pequeños Productores del Trópico Seco de Centro América, del CATIE, financiado por la Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional (ACDI). Esta publicación y otras del Proyecto pueden ser reproducidas, sin fines de lucro, siempre y cuando se cite adecuadamente la fuente y autores.

© 1994, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE

Edición: Ricardo Radulovich
Diagramación: Patricia Morales
Dibujos: Jorge Morales (Tengué)



Ficha catalográfica:

634.99

T255

Tecnologías productivas para sistemas agrosilvopecuarios de ladera con sequía estacional / ed. Ricardo Radulovich. -- Turrialba, C.R.: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, 1994.

190 p.; 24 cm. -- (Serie técnica. Informe técnico / CATIE; no. 222)

ISBN 9977-57-176-7

1. Sistemas agrosilvopastoriles 2. Sistemas de explotación
3. Transferencia de tecnología 4. Tecnología apropiada
5. Terreno en declive 6. Sequía I. Radulovich, Ricardo, ed.

Contenido

Capítulo 1: Sistemas Agrosilvopecuarios e Intervención Tecnológica ✓

Ricardo Radulovich 1

- 1.1 Distribución geográfica y características 2
- 1.2 Características de los sistemas agrosilvopecuarios 4
- 1.3 Tecnologías y transferencia 13

Capítulo 2: Conservación de Suelos y Agua

Ricardo Radulovich y Roduel Rodríguez 21

- 2.1 Fundamentos 22
- 2.2 Priorización de tecnologías y terrenos 24
- 2.3 Prácticas de conservación de suelos y agua 31
 - 2.3.1 Curvas a nivel 32
 - 2.3.2 Labranza o siembra en curvas a nivel (siembra o surcos en contorno) 38
 - 2.3.3 Labranza mínima 38
 - 2.3.4 Manejo del rastrojo como cobertura 39
 - 2.3.5 Coberturas vivas (cultivos de cobertura) 40
 - 2.3.6a Barreras vivas 41
 - 2.3.6b Barreras de piedra 45
 - 2.3.7 Lomillos (o camellones) 46
 - 2.3.8 Zanjas de ladera 47
 - 2.3.9 Terrazas individuales 49
 - 2.3.10 Control de cárcavas 51
- 2.4 Captación de agua 52
- 2.5 Consideraciones finales 55

Capítulo 3: Agroforestería para Zonas de Ladera con Sequía Estacional ✓

*Ricardo Radulovich, Roduel Rodríguez, Jorge Mercado,
Carlos Heer, Orlando Moncada, Ana M. Castillo*

y Claudia Velásquez 59

3.1	Generalidades sobre aplicaciones agroforestales	61
3.2	Principales especies	63
3.3	Beneficios y aplicaciones de la agroforestería	68
3.4	Prácticas agroforestales para la región semiseca de laderas	71
3.4.1	Cercas vivas	72
3.4.2	Barreras vivas	76
3.4.3	Cortinas rompeviento	78
3.4.4	Asociación de pastos con árboles (sistemas silvopastoriles)	80
3.4.5	Arboles en cultivos	83
3.4.6	Barbechos mejorados	85
3.4.7	Bancos de proteína (bancos de forraje)	86
3.4.8	Bosquetes	89
3.5	Consideraciones finales	91

Capítulo 4: Alimentación del Ganado Bovino durante la Estación Seca

Mauro Tejada, Ana M. Castillo, Hetty Denen

y Ricardo Radulovich 95

4.1	Introducción	95
4.2	Tecnologías de almacenamiento de forraje	100
4.2.1	Hornos forrajeros (ensilaje)	100
4.2.2	Conos forrajeros (henificación)	109
4.3	Mejoramiento de rastrojos y suplementación	115
4.3.1	Amonificación de rastrojos	116
4.3.2	Suplementación	124
4.4	Mejoramiento y manejo de pastizales	129
4.4.1	Establecimiento del pasto <i>Andropogon gayanus</i>	130
4.4.2	Asociación de leguminosa forrajera con pasto de corte	134
4.4.3	Sistemas silvopastoriles	139
4.5	Consideraciones finales	145

Capítulo 5: Huertos Caseros: una actividad productiva con amplia participación de la mujer ✓
Rosemary Nasser, Claudia Velásquez, Cecilia Velasco, Jazmina Ruz, Eugenia Sánchez, Ana M. Castillo y Ricardo Radulovich 151

5.1 Generalidades sobre huertos caseros 151

5.2 El huerto de vegetales 157

5.2.1 Manejo, uso y análisis económico de la tecnología 158

5.2.2 Consideraciones sobre adopción 166

5.3 Aboneras 167

5.3.1 Metodología de implementación 167

5.3.2 Manejo, uso y análisis económico 169

5.3.3 Algunos datos sobre adopción 171

5.4 Especies menores 171

5.4.1 Programa sanitario preventivo 172

5.4.2 Manejo, uso y análisis económico de la implementación de un programa sanitario 175

5.4.3 Algunos datos sobre adopción 176

5.5 Conservación de alimentos: tecnología asociada a los huertos caseros 177

5.5.1 Metodología de conservación de alimentos 178

5.5.2 Manejo, uso y análisis económico de la tecnología 178

5.5.3 Algunos datos sobre adopción 181

5.6 Consideraciones finales 182

Capítulo 1

SISTEMAS AGROSILVOPECUARIOS E INTERVENCION TECNOLÓGICA

Ricardo Radulovich

Las pequeñas explotaciones agrícolas tradicionales del trópico semiseco centroamericano se caracterizan por una combinación de actividades agronómicas (cultivos anuales), pecuarias y forestales, que responden al ambiente ecológico y socioeconómico en que se desenvuelven y a las metas, expectativas y posibilidades de la familia campesina. Estos sistemas de producción o sistemas agrosilvopecuarios, son altamente complejos en la maraña de interacciones que su manejo implica, y son el producto evolutivo de los esfuerzos de optimización que los productores implementan.

Con frecuencia, las tecnologías disponibles para transferir a estos sistemas no son las adecuadas para el ecosistema y el tipo de producción que se practica, o están orientadas hacia actividades puntuales sin tomar en consideración la multitud de interrelaciones existentes dentro del sistema finca y entre éste y el entorno. Por esta razón, y como se reitera a lo largo de este documento, los esfuerzos de intervención deben considerar la complejidad del sistema de manera integral, lo cual implica disponer de una gama de tecnologías costeables por el productor y de demostrada adoptabilidad (Radulovich y Karremans, 1993).

En este documento se presentan la aplicación y resultados de las diversas tecnologías que el Proyecto Agrosilvopastoril del CATIE transfirió experimentalmente a pequeños productores agrosilvopecuarios en Jutiapa, Guatemala; Santa Ana, El Salvador; Choluteca, Honduras; y Estelí, Nicaragua. Las tecnologías se presentan dentro de un enfoque integrativo, que facilita la toma de decisiones respecto a la priorización en la transferencia. Este enfoque se fundamenta en un modelo de desarrollo por estadíos, que implica la necesidad de impactar positivamente en todos los componentes de la finca de manera que la evolución sea sostenible y se lleve a cabo más rápidamente (Radulovich y Karremans, 1993).

1.1 Distribución geográfica y características

En Centroamérica, las regiones con una marcada sequía estacional abarcan grandes extensiones, ocupando la mayor parte de las áreas del Pacífico y centrales y una porción del norte de Guatemala y Belice. Según estudios del Proyecto Agrosilvopastoril del CATIE, el 44,4% del área total de Centroamérica, o 221.308 km², presenta un clima con una marcada época de déficit hídrico, conocida en la región como 'verano'. Los países con mayores extensiones de tierras caracterizadas por marcada sequía estacional son Honduras, Guatemala, Nicaragua y El Salvador, en ese orden. De las regiones con sequía estacional, o semisecas, aquellas que pueden ser llamadas de ladera, variando de topografía ondulada a escarpada, con presencia de valles intermontanos, ocupan en estos cuatro países alrededor de 170.000 km², o 17 millones de hectáreas.

En los cuatro países de mayor interés (Guatemala, El Salvador, Honduras y Nicaragua), las tierras de ladera con sequía estacional soportan una población rural de aproximadamente 7,5 millones de habitantes, cifra que equivale al 58% de la población total que habita las regiones semisecas (Lok, 1993). También, por razones históricas relacionadas a la colonia y posterior crecimiento poblacional, es en las regiones con sequía estacional donde se efectuó primero la conversión de tierras a agricultura en mayor escala. El resultado es que la mayor parte de las tierras se encuentran deforestadas desde 1950 o antes, sobre todo en las regiones del Pacífico y central. Tanto por la fragilidad de los ecosistemas de ladera como por el uso relativamente intenso que se ha dado a estas tierras, que en muchos casos ha conllevado a denudación total o parcial del suelo, aquellas de ladera han sufrido altos grados de degradación de suelos, lo cual, junto con la problemática de los déficits hídricos, contribuye a crear una situación de baja productividad y alto riesgo para la producción de secano (sin riego).

El clima predominante es de cálido a caliente, generalmente con temperaturas medias anuales que fluctúan espacialmente entre los 20 y los 30 °C, dependiendo de la altitud, con baja humedad ambiental y moderados a fuertes vientos durante los meses secos y una estación de lluvias bimodal, con valores anuales de precipitación que varían espacial y temporalmente entre 800 y 2000 mm, en la mayor extensión fluctuando entre 1000 y 1600 mm (IPGH, 1976). Aunque con grandes variaciones interanuales, sobre todo respecto al principio y al final, la estación de lluvias comienza en mayo y termina temprano en noviembre, y presenta un período variable de

disminución alrededor de julio-agosto, conocido como 'veranillo'. En la Figura 1 se ilustran valores mensuales promedio de la precipitación para dos estaciones en los países de interés; se observan allí las grandes variaciones existentes aún entre valores promedio, sobre todo respecto a las cantidades anuales y la severidad del veranillo. Destaca, sin embargo, la casi total ausencia de lluvia desde noviembre a abril, lo cual representa el común denominador en estas regiones y, junto con las fluctuaciones inter- e intra-estacionales, regula las actividades agrícolas.

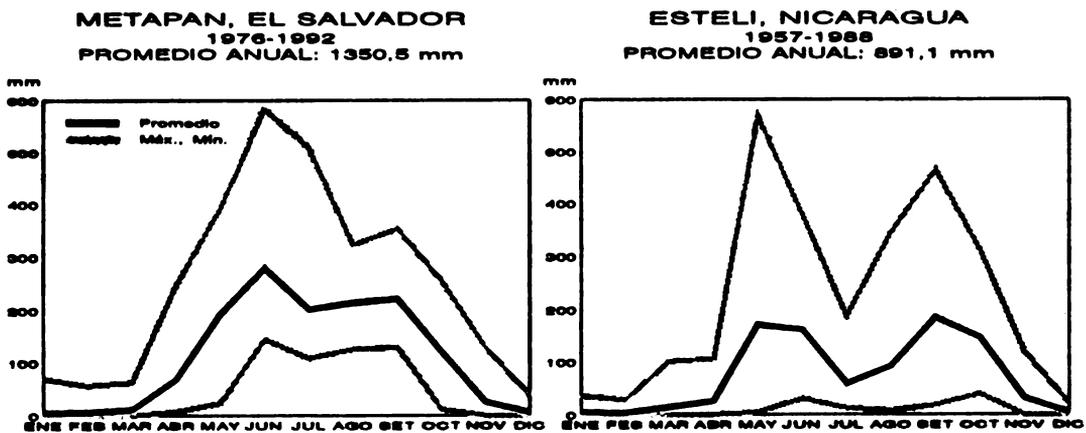


Figura 1 Precipitación media mensual, y valores máximos y mínimos en récord, para dos estaciones de la zona semiseca de Centroamérica.

En estas circunstancias climáticas, aunado a los generalmente poco profundos y erosionados suelos de laderas, tanto la producción agrícola como la regeneración natural de la vegetación se ven afectadas, y la ocurrencia de pérdidas totales de los rendimientos de los cultivos anuales es común a menos que se cuente con riego. Radulovich (1990) determinó para zonas semisecas de Costa Rica que entre 60 y 90% de la variabilidad interanual de los rendimientos de cultivos básicos (arroz, maíz y frijol) es atribuible a estrés hídrico, principalmente déficit aunque también exceso durante los picos de la precipitación. Esta dependencia de los rendimientos en el agua puede ser aún mayor en condiciones más severas que las de Costa Rica, como son las de interés en este trabajo.

1.2 Características de los sistemas agrosilvopecuarios

En esta sección se describen los sistemas agrosilvopecuarios predominantes en los departamentos de Jutiapa (Guatemala), Santa Ana (El Salvador), Choluteca (Honduras) y Estelí (Nicaragua), utilizando como base la información recolectada sobre pequeños y medianos productores, entre los cuales se seleccionaron algunos como coejecutores del Proyecto Agrosilvopastoril del CATIE¹. Estos productores coejecutores fueron seleccionados con base en una serie de criterios, entre los que destacan el ser propietarios de su tierra (o de parte de ella), no poseer más de 30 ha, y poseer un mínimo componente de ganado bovino. Por lo tanto, los sistemas de producción que se describen a continuación representan a los pequeños y medianos productores agrosilvopecuarios, excluyendo aquellos de menores ingresos y a las explotaciones de mayor tamaño. ✓

Los productores participantes (coejecutores) del Proyecto Agrosilvopastoril, por sus características sociales, económicas y de producción agropecuaria, se han clasificado como pequeños y medianos productores de bajos ingresos y recursos económicos, con tierra total o parcialmente propia, dedicada, en diferentes niveles de subsistencia, a la producción agrícola y pecuaria con muy poca dedicación a la producción forestal (Radulovich, 1993).

Uso de la tierra

En el Cuadro 1 se presenta el promedio del área total de las fincas bajo estudio, desglosado en áreas dedicadas a cultivos anuales, pastizales más charrales (como área para pastoreo y ramoneo) y bosques.

Se aprecia que el tamaño promedio de las fincas es superior a las 16 ha, con unidades individuales variando principalmente entre 5 y 30 ha; el 50% de los productores poseen menos de 13 ha. Este tamaño de propiedad, que a simple vista parece elevado, no es tal si se consideran las muy adversas características biofísicas descritas arriba. En particular, destaca que la mayor parte de la tierra está dedicada a pastizales y charrales, con cultivos anuales ✓

¹La información proviene de: un diagnóstico rural rápido en varios municipios de cada departamento al inicio de actividades del Proyecto (1990 y 1991), una encuesta de caracterización de los productores en los cuatro países (1992) y una serie de otros estudios.

ocupando un segundo lugar excepto en Choluteca, Honduras, en donde se hallaron algunas áreas más extensas en bosques en un par de fincas, lo que afectó considerablemente el promedio.

Cuadro 1 Principales características de los sistemas agrosilvopecuarios de pequeños y medianos productores en las zonas de ladera con sequía estacional de Centroamérica (promedios basados en 25-30 fincas por país).

	Area total de la finca (ha)	Cultivos anuales (ha)	Pastizal + charral (ha)	Bosques (ha)	Cabezas de ganado bovino
Guatemala	15,6	3,4	11,6	0,5	14,8
El Salvador	14,8	3,7	10,1	0,9	23,0
Honduras	20,2	2,7	14,2	3,4	17,0
Nicaragua	15,7	4,1	11,1	0,7	12,8
<i>Promedio</i>	<i>16,6</i>	<i>3,5</i>	<i>11,8</i>	<i>1,4</i>	<i>16,9</i>

Tomado de Radulovich (1993).

Según se ha indicado, las fincas no solamente muestran una variedad de actividades productivas, sino que además éstas están relacionadas entre sí en diversos grados. Como se ilustra en la Figura 2, un análisis de regresión lineal mostró una correlación positiva y significativa entre área total de la finca y varios otros componentes, entre los que destacan área en pastos más charrales ($r=0,9$), área en cultivos anuales (0,4), área en bosque (0,5) y número de cabezas de ganado (0,6). Estas relaciones y otras (Figura 2) muestran la importancia de incorporar la interrelacionalidad entre los diversos elementos en la implementación de proyectos de desarrollo. Las más altas correlaciones, sin embargo, se encontraron en relación al ganado, llegando a explicarse cerca del 50% de la variación en el número de cabezas de ganado por la combinación de áreas en pastos, cultivos anuales y charral (precisamente las fuentes de alimento). Esta orientación de las fincas hacia la actividad pecuaria, sin embargo, de ninguna manera debe tomarse como evidencia de la vocación de las tierras, si no que puede representar una optimización a corto o mediano plazo, a menudo en detrimento de la productividad a largo plazo.

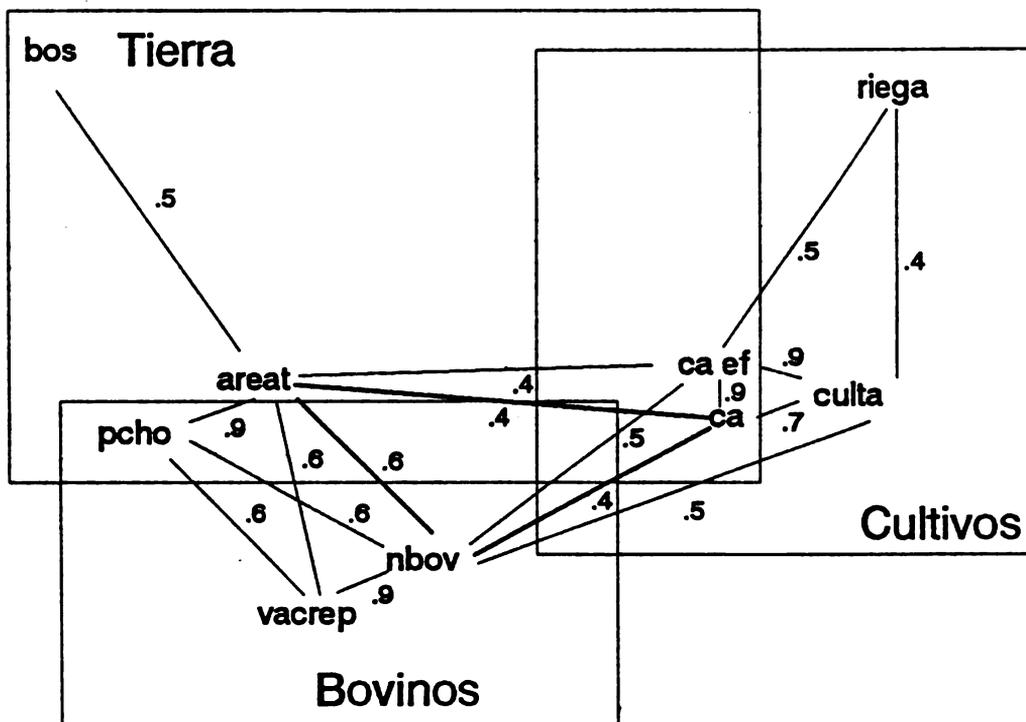


Figura 2 Diagrama de interrelaciones entre diversos elementos de las fincas (n=111). Los valores numéricos representan coeficientes de correlación, y la distancia entre los elementos representa lo inmediato de cada relación (a mayor distancia es más débil la relación). Los códigos empleados son: areat=área total de la finca; pcho=área en pastos, charrales y otros; ca=área en cultivos anuales; bos=área en bosques, bosquetes o barbechos; ca ef=área efectiva en cultivos anuales (considerando cultivos múltiples); culta = producción total en cultivos anuales; riega = área bajo riego; nbov = cabezas de ganado bovino; vacrep = número de vacas en reproducción.

Cultivos anuales

En los sistemas agrosilvopecuarios de la región se cultivan principalmente maíz, sorgo criollo y frijol (este último no en las zonas más bajas por altas temperaturas, y ha sido desenfazado también en algunas regiones por problemas virales). Exceptuando el caso del maíz en El Salvador, para el cual un amplio porcentaje de productores utiliza semilla mejorada, la semilla que

utilizan los productores es de variedades criollas y generalmente producida por ellos; esto conlleva a menudo a una erosión de la calidad productiva del material. El uso de agroquímicos, aunque de manera limitada y pobremente asesorada, se reporta como una práctica bastante generalizada, principalmente en maíz.

Aunque se da el monocultivo, por ej. solo maíz o la secuencia frijol-frijol, son muy frecuentes las prácticas de cultivos en asocio o relevo. Para sistemas de asocio generalmente se utiliza la combinación maíz-sorgo, utilizando variedades fotoperiódicas de sorgo que permanece sin mucho desarrollo hasta que el maíz comienza a madurar. Esta combinación es prevaleciente en situaciones de ladera con precipitaciones erráticas, ya que es un sistema diseñado para disminuir los riesgos y proporcionar al productor al menos el rendimiento del sorgo, que es más tolerante a la sequía (Hawkings, 1984). El frijol también se siembra como relevo del maíz, a veces en asocio con sorgo. También, se acostumbra la siembra de "guate", que es una variedad de sorgo (en ocasiones maíz) sembrada a muy alta densidad cerca del fin de la estación de lluvias con fines de producir forraje para el ganado. Los residuos de los cultivos anuales o rastrojos son esenciales en la alimentación bovina; el consumo directo de estos rastrojos por el ganado, cuando es excesivo, compacta el suelo y, al dejarlo con una pobre cobertura, fomenta la erosión por lluvia, sobre todo al inicio de la siguiente estación lluviosa.

Los rendimientos reportados por los productores, para años en que la producción no se ve particularmente afectada por estrés hídrico, fluctúan alrededor de 1800 kg/ha para maíz, 950 kg/ha para frijol y 1700 kg/ha para sorgo. Los valores más bajos fueron registrados en Estelí, Nicaragua, exceptuando algunas microzonas. Según datos obtenidos en El Salvador, y dependiendo del tamaño de la familia, los productores almacenan para consumo en el hogar de 450 a 800 kg de maíz, 150 a 300 kg de frijol y 300 a 450 kg de sorgo. El excedente de la producción de granos básicos es vendida prontamente después de la cosecha, con poca capacidad de almacenamiento por parte de los productores para esperar mejores precios.

Considerando las limitaciones que existen para el establecimiento de sistemas de riego, las estrategias más viables para estabilizar la producción de los granos básicos para esta tipología de agrosistemas en la ecorregión son: la siembra de variedades tolerantes a la sequía, la implementación de prácticas de conservación de suelos y agua, y la programación de siembras y cosechas más acorde con las características de la precipitación. En este documento se

enfatisa la conservación de suelos y agua, junto con una estrategia de captación/almacenamiento de agua para microriego y otros usos (Capítulo 2).

Agroforestería

El componente forestal en este contexto agrícola, aunque de gran relevancia para los productores, es bastante reducido en función del área que ocupa en las fincas. La región presenta una deforestación generalizada, que se agrava por la continuada depredación, en gran medida para leña, aun de árboles maderables; sin embargo, la existencia de pequeñas áreas con árboles (huertos caseros, bosquetes, barbechos) en prácticamente cada finca, habla de la conciencia que los productores tienen sobre preservar o fomentar este recurso aunque sea en una expresión reducida. De todas formas, pareciera claro que aunque los campesinos aprecian el árbol, éste no llega a predominar, tal vez por el mediano a largo plazo que existe entre la siembra y la obtención de los beneficios y, muy posiblemente, por más de un impedimento de carácter legal que inhibe la siembra de árboles. Existe una gran variedad de especies perennes o semi-perennes que poseen excelentes adaptaciones a situaciones de déficit hídrico, que pueden ser enfatizadas como sistemas alternativos de producción.

Aunque el uso del recurso arbóreo actualmente es bastante carente de sistematización, aparte de la leña, madera y postes, se enfatiza el uso de forraje para alimento del ganado en verano, el uso de árboles dentro de pastizales para sombra y alimentación animal (sistemas silvopastoriles), y frutales tanto dentro del solar como en pequeñas plantaciones (cítricos, mango, marañón, jocotes, aguacate y otros como musáceas y papaya). Otra aplicación, más bien espontánea, es el barbecho, que consiste en dejar la tierra en descanso por algunos años, permitiendo la regeneración natural de varias especies que los productores utilizan en diversas aplicaciones. Dentro de este contexto, en el Capítulo 3 se presentan algunas tecnologías agroforestales que se consideran como las más adecuadas para transferir.

Ganadería

Como se mostró en el Cuadro 1 y en relación con la Figura 2, la producción en estos sistemas agrosilvopecuarios está ampliamente orientada a la ganadería bovina, con un promedio de 16,9 cabezas de ganado por finca, variando en su mayoría entre 2 y 30; el 50% de los productores coejecutores tiene 11 o menos cabezas de ganado. Aproximadamente el 50% del ingreso

total de las fincas en Choluteca, Honduras proviene del ganado bovino (25% venta de animales y 25% venta de leche y productos de ésta). Según se indicó anteriormente, el área disponible para alimento del ganado bovino determina en gran medida el número de cabezas por finca. Una parte de los productores (excepto en Nicaragua) compra forraje durante la época seca. La carga animal promedio es de 0,9 unidades animal/ha total de terreno y de 1,9 unidades animal/ha de pastos más charrales.

La ganadería que se practica se define en términos amplios como extensiva de doble propósito (carne y leche). Las razas predominantes son: ganado cebuino (45%), criollo/indefinido (25%) y *Bos taurus* definido con encaste de Pardo Suizo y, menormente, Holstein (30%). El manejo que se da al ganado es por lo general bastante inferior al óptimo posible, aunque evidentemente se ajusta a una optimización por parte de los productores. Se presentan problemas de bajos índices reproductivos (como largos intervalos entre partos), agudizados por la ausencia de toros en un alto porcentaje de las fincas que tienen ganado bovino; por lo general las fincas que tienen menos de 6 a 8 vacas (o incluso más) no tienen toro. El manejo sanitario de los animales es bastante deficiente, aunque una mayoría de los productores reportan que vacunan a sus animales (sin especificar para qué); la desparasitación se practica poco. No se practica en general la rotación de potreros ni se aplican otros criterios de mejoramiento de pastizales en función de carga animal.

La producción de leche es altamente influenciada por la estacionalidad, con valores de alrededor de 4 litros/vaca/día durante la estación de lluvias, bajando a 1,5 a 2 litros/vaca/día durante la estación seca. Los principales problemas se presentan durante la estación seca en relación tanto a la alimentación del hato como a la obtención de agua. Aparte de implementar mejores prácticas de manejo, es prioritario diseminar prácticas y tecnologías orientadas a mejorar la capacidad del productor para alimentar su ganado en verano, como son métodos rústicos de ensilaje (hornos forrajeros, otros), pastizales mejorados con variedades tolerantes a la sequía, mejoramiento de rastrojos y una combinación de elementos agroforestales que incluya árboles fijadores de nitrógeno. El Capítulo 4 de este documento presenta una serie de alternativas viables para este fin. Una de estas tecnologías, el horno forrajero, ha sido descrita más extensamente en otro documento (CATIE, 1994a).

Huertos

Las actividades productivas del hogar son varias y se relacionan principalmente con: aves y cerdos (los hogares de los coejecutores tienen en promedio 15 o más aves y, aunque menos generalizado, de 1,5 a 2 cerdos); manejo del huerto casero, incluyendo cultivos anuales, plantas medicinales y frutales; y, procesamiento de productos, principalmente leche en forma de cuajada o queso. Aparte de granos básicos, que son almacenados en barriles, sacos o silos metálicos, la conservación de otros alimentos, como es ahumar o salar carne, conservar frutas o preparar encurtidos, es muy poco difundida.

Los cerdos y aves son manejados a campo abierto en el solar, y la falta generalizada de vacunaciones y otras medidas profilácticas ocasionan frecuentes pérdidas de animales. Existe una gran variedad respecto a huertos caseros, en gran medida dependiendo de la unidad productiva, de la familia y de la influencia de proyectos pasados. En general, las hortalizas son sumamente apreciadas aunque la falta de agua para riego y las plagas vuelven de alto riesgo su producción. Alrededor del 28% de los productores poseen algún terreno bajo riego en verano en El Salvador, Honduras y Nicaragua; en Guatemala menos del 5% reportó poseer riego. Así, y mientras no se desarrolle más capacidad de riego, el énfasis en huertos caseros debiera ser en ciertos cultivos perennes (principalmente frutales) y cultivos anuales más tolerantes a la sequía y en general menos susceptibles a condiciones de pobre manejo, como yuca, camote, amaranto, soya y gandul. En el Capítulo 5 de este documento se enfocan varios aspectos tecnológicos de la producción casera.

Uno de los principales problemas en el hogar es precisamente la falta de agua durante la estación seca, e incluso durante la estación lluviosa por la falta de estructuras de captación de agua de lluvia. La calidad del agua para el consumo humano directo generalmente es baja, con alta presencia de coliformes fecales. Este problema ha sido enfocado en otra publicación (Radulovich *et al.*, 1994). También, se ha producido un documento que trata sobre el mejoramiento y mejor transferencia de estufas ahorradoras de leña (CATIE, 1994b).

Enfatizar el componente productivo del hogar, sobre todo huertos caseros y especies menores, representa una alternativa que ha sido erráticamente explorada a la fecha, y puede conllevar a una magnificación del papel de la mujer en aspectos productivos. Para cumplir con esto, el Proyecto

Agrosilvopastoril estableció dos proyectos de investigación sobre huertos caseros², que en breve producirán información que vendrá a complementar su misión.

Interacciones

Como en todo sistema, las interacciones entre los diversos componentes de los sistemas agrosilvopecuarios son parte fundamental en la operación de los mismos. En comparación con otros sistemas agrícolas, las interacciones en estos agrosistemas son muy variadas y de gran relevancia (ver algunos ejemplos en Figura 2), y son manejadas en gran medida por la familia, la cual se constituye en una unidad gerencial en un esfuerzo por optimizar su producción y el destino de ésta. Estas interacciones no se limitan al sistema sino que lo trascienden en diversas relaciones interfamiliares, de mercado y con el medio ambiente. Como ilustración de lo anterior se presentan los siguientes ejemplos de interacción entre subsistemas productivos de un sistema agrosilvopecuario, aclarando que de ninguna manera el listado es completo (ver también Raintree, 1986; Borel, 1987; McCorkle, 1992). Estas interacciones se sumarizan en la Figura 3.

La interacción entre los subsistemas agroforestal y pecuario puede tomar las siguientes formas: los árboles y arbustos son una fuente de forraje para el ganado bovino, y afectan el microclima (sombra, humedad ambiental, viento) y la calidad de los suelos en sistemas silvopastoriles por la fijación de nitrógeno en el caso de las especies leguminosas, y alterando procesos como erosión del suelo e infiltración del agua. Los animales pueden servir para la dispersión de semillas y para fertilizar con excrementos, pero a la vez tienen un posible efecto negativo sobre la sobrevivencia de las plántulas, tanto por consumirlas como por la compactación de los suelos y por daños mecánicos.

La relación entre árboles y cultivos se ilustra con estos ejemplos: los árboles y arbustos afectan aspectos físicos y químicos del suelo, alteran el microclima (temperatura, humedad del aire y del suelo), y enriquecen el ciclo nutritivo por la poda e incorporación de biomasa rica en nitrógeno o por

²Proyecto Huertos Caseros CATIE/CIID y tesis de maestría en Estelí, Nicaragua.

formación de micorrizas³, pero compiten con los cultivos por espacio y recursos (luz, agua y nutrientes). A su vez, las prácticas relacionadas con ciertos cultivos (por ej., limpieza) pueden influir en el crecimiento de los árboles y arbustos, como en el sistema taungya⁴.

Las interacciones entre los animales y los cultivos pueden verse así: los desechos de los animales fertilizan los suelos, la rotación entre cultivos y cobertura con pastos permite un uso continuo de la tierra; por otra parte, los animales sirven para tracción (por ej., para arar o sacar la cosecha), pero dañan a los cultivos por comérselos, por daños mecánicos y por la compactación de los suelos. Los cultivos a su vez forman una fuente de alimentación para los animales (tanto el grano como principalmente el material vegetativo y los rastrojos). Hay, sin embargo, una competencia en los ciclos de biomasa y nutrientes y en el uso de rastrojos como cobertura del suelo cuando los restos de los cultivos no se dejan *in situ* o no se incorporan al suelo después de la cosecha, sino que pasan a formar parte de la alimentación animal, sobre todo cuando es por consumo directo.

Las interacciones entre el hogar y los diversos subsistemas productivos son múltiples, aunque destacan los flujos de productos y beneficios hacia el hogar, y de mano de obra e insumos del hogar hacia los subsistemas. Las interacciones entre el sistema (o sus componentes) y el entorno, que en muchos casos pueden darse a través del hogar como eje, son de carácter biofísico (por ej., contaminación de aguas) y socioeconómico (por ej., mercadeo de productos, compra de insumos, migración).

³Las micorrizas son asociaciones que se establecen entre hongos del suelo y las raíces de una gama de plantas, principalmente especies perennes. Esta asociación facilita la extracción de nutrientes y agua del suelo para la planta y, en la medida que la limitación es muy frecuente en condiciones tropicales, en particular la nutrición con fósforo se ve beneficiada.

⁴El sistema taungya se refiere a implementar cultivos anuales entre hileras de árboles durante los primeros años de una plantación forestal.

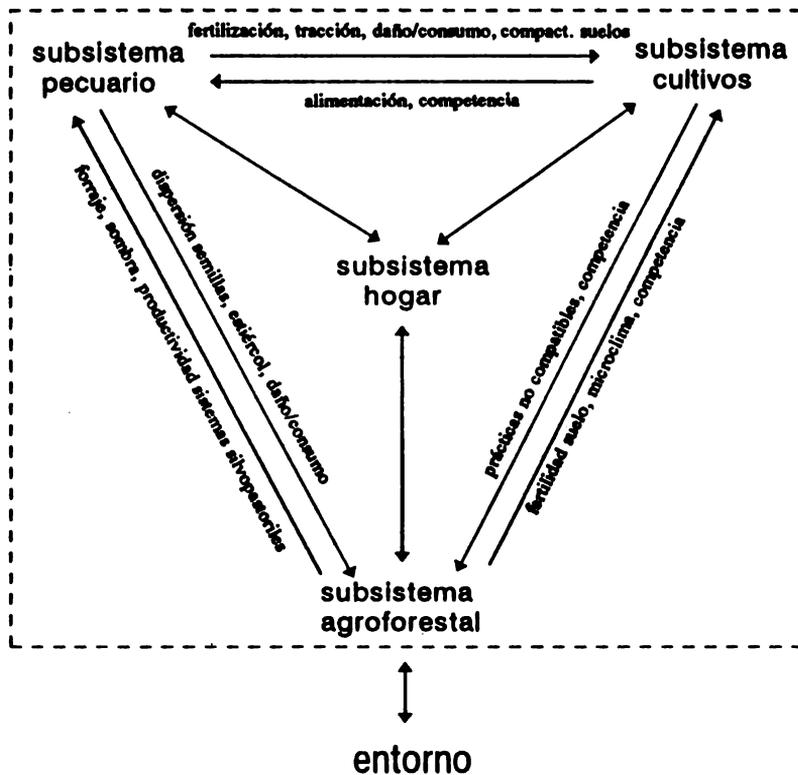


Figura 3 Ilustración diagramática de algunas relaciones entre subsistemas; ver texto. Entre el hogar y los subsistemas el flujo es mayormente de insumos y mano de obra; entre los subsistemas y el hogar es de productos y servicios. El hogar también actúa como centro integrador y de transferencia entre subsistemas. La relación del sistema con el entorno es de índole biofísico y socioeconómico.

1.3 Tecnologías y transferencia

La problemática del pequeño productor es de carácter continental así como lo es la relevancia de su contribución como proveedor de alimentos y otros productos primarios. Por ello, es necesario mantener un vigoroso sistema de investigación/validación y transferencia de tecnologías, en lo que representa un esfuerzo diseñado específicamente para esta clientela (Radulovich, 1991).

Este libro está dividido en cuatro capítulos, después de esta introducción. En estos capítulos se presenta una gama de tecnologías, en su mayoría validadas o probadas directamente por los productores coejecutores del Proyecto Agrosilvopastoril, aplicables a resolver problemas productivos o a viabilizar más la productividad de los sistemas. Las tecnologías se enlistan en el Cuadro 2, por subsistema (que equivale a decir por capítulo).

Otras características de estas tecnologías son: su aplicación está enfocada a zonas de ladera con marcada sequía estacional, tienen bajo o nulo requerimiento de efectivo (son autocosteables por productores de bajos ingresos) y, muy relacionado, han mostrado ser aceptables y adoptables en diversos grados.

Cuadro 2 Listado de tecnologías que se presentan en este documento.

<p><i>Conservación de suelos y agua (subsistema cultivos)</i></p> <p>Siembra en curvas a nivel Labranza mínima Manejo del rastrojo como cobertura Coberturas vivas Barreras vivas y de piedra Lomillos (o camellones) Zanjas de ladera Terrazas individuales Control de cárcavas Captación de agua de lluvia</p>	<p><i>Alimentación del ganado en estación seca (subsistema pecuario)</i></p> <p>Hornos forrajeros (ensilaje) Conos forrajeros Mejoramiento de rastrojos (amonificación) Mejoramiento y manejo de pastizales Sistemas silvopastoriles Banco de proteína (en agroforestería)</p>
<p><i>Agroforestería (subsistema agroforestal)</i></p> <p>Cercas vivas Barreras vivas Cortinas rompeviento Sistemas silvopastoriles Arboles en cultivos Barbechos mejorados Bancos de proteína (de forraje) Bosquetes (incluyendo taungya)</p>	<p><i>Huertos caseros (subsistema hogar)</i></p> <p>Huerto vegetal (anuales y perennes) Aboneras Sanidad de especies menores Conservación de alimentos</p>

En cada capítulo se ha realizado un esfuerzo por relacionar las diversas tecnologías dentro y entre capítulos. También se presentan esquemas de priorización entre tecnologías y criterios que permitan al transferencista seleccionar de entre todas las tecnologías aquellas de mayor pertinencia para su clientela. Es evidente que son pocos los proyectos y mucho menos los individuos que pretenderán implementar todas las tecnologías; sin embargo, dentro del bagaje tecnológico del proceso de transferencia debe existir una riqueza de alternativas para calzar mejor aquellas situaciones más allá de lo cotidiano.

La amplitud del bagaje tecnológico es importante también en función de la diversidad existente entre productores, no solo de índole biofísico y económico, sino también en gran medida cultural e idiosincrático. Otra ventaja con la intervención tecnológica en varios subsistemas al mismo tiempo, es que permite introducir varias tecnologías en un período de tiempo menor que si se hiciera en su solo subsistema; la razón es que varias tecnologías en los cuatro subsistemas no obligan al productor a efectuar cambios drásticos en ninguno de ellos, mientras que si se introducen varios cambios en un solo subsistema la transferencia puede toparse con altos grados de rechazo.

Así, al presentar una gama de tecnologías junto con sus interrelaciones y esquemas de priorización, este libro cumple varias funciones. El esfuerzo de ninguna manera es final--mucho menos si se considera que la agricultura y su entorno son procesos cambiantes. De esa misma forma debe actuar el transferencista, cumpliendo varias funciones y evolucionando con el tiempo, complicando y adaptando su modelo de trabajo para poder así cumplir con el reto del desarrollo rural.

Con estas consideraciones en mente, y enfocando la interrelación entre tecnologías en función de las relaciones entre subsistemas, a continuación se presentan algunos ejemplos que permiten visualizar en qué medida cada intervención tecnológica está íntimamente ligada a una serie de otras actividades en estos sistemas agrosilvopecuarios. Esto refuerza la necesidad del enfoque integrado de la intervención tecnológica en sistemas de bajos ingresos.

Por ejemplo, en la Figura 4 se muestra cómo una tecnología, la captación de agua, puede incidir en más de un subsistema, en este caso al poderse utilizar el agua en el hogar para consumo humano, en los huertos caseros y en el subsistema pecuario para los bovinos.

CAPTACION DE AGUA DE LLUVIA

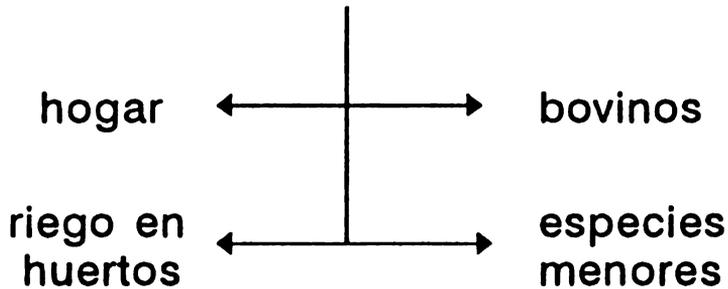


Figura 4 Ejemplo de cómo una tecnología, captación de agua, puede incidir en más de un subsistema.

En la misma línea de pensamiento, se observa que para resolver un problema, como puede ser la escasez de leña (Figura 5), existe una serie de tecnologías agroforestales que pueden emplearse; también, el problema de la leña se relaciona directamente con el tipo de estufa que se implemente, con lo que se establece directa relación entre el subsistema agroforestal y el del hogar. Sin embargo, la interrelacionalidad tecnológica no acaba allí, pues al introducir elementos agroforestales se logran otros beneficios además de la leña. Esto se muestra en la Figura 6, en la cual se destaca que además de contribuir para leña, las tecnologías agroforestales producen frutos, forraje para alimentar el ganado, postes y madera y, en particular las cortinas rompeviento, protegen el huerto casero. Así, la interrelacionalidad entre subsistemas se ha incrementado, y la lista no es exhaustiva (podría, por ejemplo, añadirse la contribución de las leguminosas perennes a la conservación y fertilidad de suelos en el subsistema cultivos).

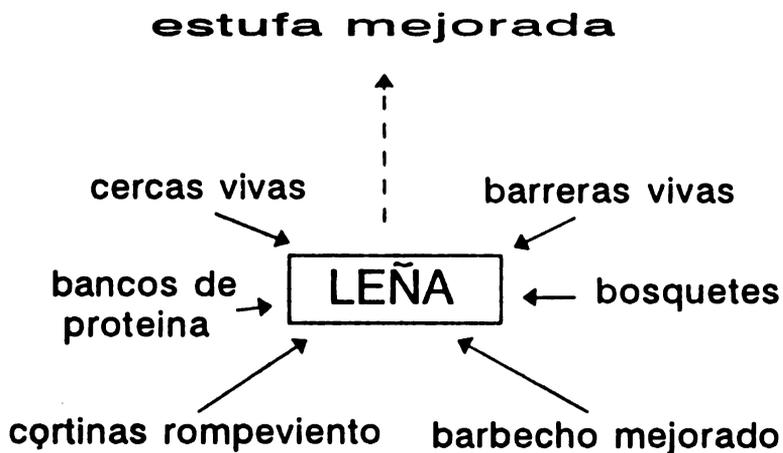


Figura 5 Tecnologías agroforestales existentes para resolver el problema de la leña, el cual está directamente relacionado con la estufa ahorradora de leña (una tecnología del subsistema hogar).



Figura 6 Las tecnologías agroforestales que se implementan para solucionar un problema específico, en este caso leña, tienen además otros productos que deben considerarse (la lista no es exhaustiva).

Otro ejemplo interesante se relaciona con la alimentación del ganado bovino en la estación seca. Según se muestra en la Figura 7, las tecnologías para ello pertenecen a los subsistemas pecuario (pastizales mejorados y sistemas silvopastoriles), agroforestal y cultivos. La relación con el subsistema hogar se establece directamente mediante la obtención de productos del subsistema pecuario (leche, carne). La relación con el ambiente, que podría representarse a través del hogar como integrador, se representa aquí como la venta de los productos del subsistema pecuario.



Figura 7 Relación entre subsistemas y el entorno a través de la gama de tecnologías propuestas para alimentación del ganado en la estación seca.

Resalta entonces, que el enfoque necesario para incrementar la productividad de una manera sostenible, debe ser integrado, tanto a nivel de finca (considerando las interacciones entre los cuatro subsistemas) como a niveles mayores. Esta evolución sostenible de los sistemas de producción, debe ser precedida por una serie de cambios a nivel de políticas sociales y económicas, que van, por ejemplo, desde vigorosos programas de capacitación a productores y su familia hasta modificar regulaciones forestales para fomentar la siembra de árboles maderables.

Referencias

- Borel, R. 1987. Agroforestry system interactions: man-tree-crop-animal. *In*: J.W. Beer *et al.* (eds.), *Advances in agroforestry research*; CATIE/GTZ, Turrialba, Costa Rica. pp. 194-121.
- CATIE. 1994a. El horno forrajero: validación y utilización. Serie Técnica, Informe Técnico no. 221, CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- CATIE. 1994b. Estufas ahorradoras de leña para el hogar rural: validación y construcción. Serie Técnica, Informe Técnico no. 216, CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Hawkings, R. 1984. Intercropping maize with sorghum in Central America: a cropping systems case study. *Agricultural Systems*, 15:1-21.
- IPGH (Instituto Panamericano de Geografía e Historia). 1976. Atlas climatológico e hidrológico del Istmo Centroamericano. IPGH, Guatemala.
- Lok, R. 1993. Nivel de vida en Centroamérica; una recopilación de datos cuantitativos a nivel regional y nacional. *In*: J.A.J. Karremans, R. Radulovich y R. Lok (eds.): *La mujer rural, su papel en los agrosistemas de la región semiseca de Centroamérica*. Serie Técnica, Informe Técnico no. 213, CATIE, Turrialba, Costa Rica. pp. 45-83.
- McCorkle, C. 1992. Agropastoral systems research in the SR-CRSP Sociology Project. *In*: C.M. McCorkle (ed.): *Plants, Animals and People*, Westview Press, Boulder. pp. 3-19.
- Radulovich, R. 1990. AQUA, a model to evaluate water deficits and excesses in tropical cropping. Part II. Regional yield prediction. *Agricultural and Forest Meteorology*, 52:253-261.
- Radulovich, R. 1991. Desarrollo agrícola en el trópico latinoamericano: el caso del pequeño productor vs. la economía nacional. *Interciencia*, 16:125-130.
- Radulovich, R. 1993. Características de los sistemas agrosilvopecuarios de las regiones de ladera con sequía estacional de Centroamérica. *In*: J.A.J. Karremans, R. Radulovich y R. Lok (eds.): *La mujer rural, su papel en los agrosistemas de la región semiseca de Centroamérica*. Serie Técnica, Informe Técnico no. 213, CATIE, Turrialba, Costa Rica. pp. 31-43.

Radulovich, R. y J.A.J. Karremans. 1993. Validación de tecnologías en sistemas agrícolas. Serie Técnica, Informe Técnico no. 212, CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Radulovich, R., R. Rodríguez y O. Moncada. 1994. Captación de agua de lluvia en el hogar rural. Serie Técnica, Informe Técnico no. 220, CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Raintree, J.B. 1986. Tendencias actuales de la agrosilvicultura: tenencia de la tierra, agricultura migratoria y agricultura viable. Unasylva, 38:2-15.

Capítulo 2

CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA

Ricardo Radulovich
Roduel Rodríguez

La mayor limitante para una efectiva conservación de suelos en regiones con sequía estacional marcada no estriba en la ausencia de prácticas o en su desconocimiento por parte de quienes las promueven, sino más bien en un enfoque erróneo y una falta de priorización, que inciden en una pobre adopción de éstas por parte de los productores. Tras varios años de experiencia del Proyecto Agrosilvopastoril, y analizando otras experiencias, se ha concluido que gran parte del problema radica en que no se presta suficiente atención a la mayor limitante, que es el agua, no se capacita a los productores en manejar y aprovechar los sistemas de conservación según evolucionan a través del tiempo, no se prioriza adecuadamente de entre todas las prácticas existentes y, como consecuencia, se pretende transferir indistintamente diversas prácticas que pueden o no ser pertinentes para una situación dada, o podrían llegar a serlo en algún momento dentro de una secuencia de introducción de prácticas o, como se da en muchos casos, pueden no serlo nunca para algunas condiciones.

Así, en este capítulo se presentan prácticas que han mostrado pertinencia en la región y aceptabilidad y adoptabilidad por los productores, dentro de un necesario esquema de prioridades y secuencias para lograr una mayor adopción de éstas y, al mismo tiempo, una mayor efectividad en lograr los objetivos de conservar el agua y el suelo, contribuyendo a incrementar y estabilizar la producción agrícola. Para lograr esto último, el buen manejo del agua y los suelos debe ir acompañado de una correcta combinación de los otros componentes que inciden sobre la productividad de los cultivos, como son rotación, selección de cultivares, uso de semilla de alta calidad y otros insumos, correcta calendarización de siembras y otros, que escapan del alcance de este documento.

2.1 Fundamentos

La conservación de suelos por sí sola tiene principalmente dos objetivos:

- disminuir a niveles aceptables la erosión del suelo (mayormente pérdidas por arrastre del agua de escorrentía, o erosión hídrica), y
- proteger el suelo contra otros tipos de degradación, de los cuales los más comunes son la compactación, la disminución en fertilidad y reducciones en la capacidad de retención de agua.

Aunque este capítulo utiliza como marco la protección contra la erosión hídrica, esto debe realizarse de manera integrada con los otros objetivos de la conservación de suelos; por ello, y por ejemplo, se evidencia la necesidad de utilizar coberturas del suelo y de manejar el rastrojo para aumentar la fertilidad y disponibilidad de agua, y para disminuir el efecto del impacto de las gotas de lluvia, además de que directamente contribuyen a disminuir la erosión. En el capítulo de alimentación de ganado de este documento se analiza el manejo de rastrojos (Sección 4.3); también, en el capítulo de agroforestería se discute el uso de cortinas rompeviento para disminuir la pérdida de suelo por erosión eólica (Sección 3.4).

En regiones de ladera con marcada sequía recurrente o estacional, la conservación de suelos contra la erosión debe ir íntimamente ligada a la conservación del agua y, a menudo, a la captación de agua. Esto proporciona un doble beneficio de la misma actividad y, de gran relevancia, estimula a los productores a realizar y mantener las prácticas de conservación de suelos. Es incluso posible considerar que la conservación del agua antecede en relevancia inmediata a la conservación de suelos en estas regiones.

La percepción de beneficios por parte de los productores es muy importante, pues en su generalidad las prácticas de conservación de suelos, por ocupar espacio otrora destinado a los cultivos, al menos inicialmente pueden ir acompañadas de disminución en la producción. Por ejemplo, para un caso de producción de yuca en Colombia (Muller-Samann *et al.*, s.f.), diversas barreras vivas disminuyeron efectivamente la pérdida de suelo pero los rendimientos disminuyeron también en un promedio del 20%, aunque se logró también de esas barreras vivas forraje para el ganado. Este ejemplo, aunque desarrollado para zonas más húmedas, indica claramente que el productor debe ser advertido de que es posible que deba sacrificar algunos grados de

rendimientos a corto plazo para garantizar la sostenibilidad de su sistema de producción y de vida y lograr eventualmente incrementos en la productividad. Sin embargo, este problema es relativo en la medida de que esas disminuciones en rendimiento son minimizadas, por ejemplo mediante una efectiva conservación de agua que directamente incrementa los rendimientos, o compensadas adecuadamente, por ejemplo por la producción de forraje de las barreras vivas.

La conservación del agua es complementaria y factible en la mayoría de las prácticas de conservación de suelos. Al detener o aminorar la marcha del agua de escorrentía que arrastra consigo el suelo, se incrementa la oportunidad de infiltración de ésta. También, el mejorar la estructura del suelo aumenta la infiltrabilidad. La retención del suelo y la incorporación de materia orgánica aumentan la capacidad de retención de agua. El uso de rastrojo como cobertura disminuye las pérdidas de agua por evaporación. Así, para las condiciones de interés, la conservación de suelos puede y debe verse asociada con conservación de agua y, de promoverse exitosamente, el que los cultivos cuenten con más agua disponible incrementará los rendimientos y disminuirá su variabilidad, lo cual fomentará una mayor inversión de recursos por parte del productor (al disminuir la variabilidad disminuye también el riesgo).

El manejo del excedente de agua que se presenta durante algunos meses, evacuándola de las parcelas productivas, aparte de ser un requisito en muchas instancias para evitar daños por empozamiento, puede conllevar al almacenamiento de esta agua, principalmente en la forma de pozos o tanques de almacenamiento para usos tales como riego o abrevamiento del ganado. El desarrollo de parcelas de escorrentía, exclusivamente dedicadas a captación de agua, que luego se almacena en tanques, no será discutido aquí pues, a criterio de los autores, esta tecnología representa una etapa más avanzada en el ciclo de introducción de tecnologías que la que los pequeños productores de la región pueden actualmente absorber.

El uso de árboles, sobre todo árboles de uso múltiple (AUM), es fundamental en estas condiciones de ladera con sequía estacional, y no solamente en función de las prácticas de conservación de suelos y agua. El establecer AUM adaptados a las condiciones de sequía estacional proporciona una serie de beneficios y permite contar con las ventajas de la especie perenne, que no requiere resiembra cada año. Este tema es tratado en el capítulo de agroforestería (Capítulo 3).

Estas y otras consideraciones que se analizan a continuación, pueden formar los pilares de la transferencia exitosa de prácticas de conservación de suelos, que por lo general tienen un historial de esfuerzos fallidos, con rápido abandono por parte del productor una vez que el proyecto se retira.

2.2 Priorización de tecnologías y terrenos

Es corriente encontrar que no se prioriza respecto a cuáles son las prácticas de conservación que deben fomentarse para cada caso en particular. Debe establecerse un sistema de prioridades, comenzando por aquellas prácticas de más fácil implementación, que brinden beneficios percibibles al corto plazo, antes de pretender implementar desde un principio aquellas prácticas de mayor envergadura y costo (aunque sean de mayor permanencia). En esto, el amarrar la conservación de agua con la de suelos es fundamental.

Un caso, más bien corriente, es que se pretende transferir prácticas de conservación de alta inversión en mano de obra que, aunque muy eficientes y bastante duraderas una vez establecidas, como las barreras de piedra, son a menudo descontinuadas por el productor precisamente por el alto costo de continuarlas implementando. Por ejemplo, Chévez y Foletti (1994) reportan que el número de días/hombre/ha (850 m) para establecer barreras vivas por siembra directa (semilla) es de 1,4 y de 6,8 por trasplante, mientras que es de 170 para barrera muerta con piedras. Esa diferencia de 25 a 120 veces en requerimientos de mano de obra (acompañada de trabajo muy pesado) es extraordinaria y no puede pasar desapercibida. Sin embargo, las barreras de piedra pueden ser recomendables en primera instancia, según se presenta más adelante. Otro ejemplo que requiere de una gran dedicación por parte del productor y su familia, es la recomendación de la FAO (1990), que propone establecer bancales (pequeñas terrazas) en un suelo más fértil como primera medida de conservación, a un costo de 450 días/hombre/ha. Evidentemente, cualquier esfuerzo de transferencia que parta de estos requerimientos difícilmente tendrá éxito y, de tenerlo, tomará muchos años modificar el uso de extensiones considerables de terreno.

Las prácticas simples y de baja inversión tienen mayores posibilidades de ser aceptadas y adoptadas en primera instancia por los productores. Teniendo en mente que por lo general ninguna práctica por sí sola proporciona todos los beneficios deseados, la transferencia debe ser pausada a través de un número de años, sin pretender que el productor incorpore varias prácticas

en un mismo año, a menos que sean simples, no consuman excesivamente su tiempo y brinden beneficios rápidamente percibibles. Los beneficios deben programarse para ser logrados a corto plazo (mayor disponibilidad de agua, productos de las barreras vivas), mediano plazo (mayor fertilidad del suelo) y largo plazo (productividad sostenida indefinidamente).

Desde el punto de vista biofísico, el solo combinar siembra en curvas a nivel, junto con mínima labranza y el mantenimiento de una adecuada cobertura del suelo (rastros, follaje), permite controlar con éxito la erosión y brinda los otros beneficios de la conservación de suelos y agua. Un excelente ejemplo de esto es el proyecto de labranza de conservación de Metalío-Huaymango en El Salvador (Calderón *et al.*, 1991), en el cual se ha logrado elevar y estabilizar los rendimientos, llevándolos en un lapso de 10 años de 1,0 t/ha de maíz y 0,7 t/ha de maicillo a 3,3 t/ha y 2,1 t/ha, respectivamente.

Sin embargo, es conveniente incluir otras prácticas un poco más costosas, como barreras vivas (en algunos casos barreras de piedra), camellones y zanjas de ladera, no solamente para control de cárcavas y en los terrenos más frágiles, sino porque además de contribuir a la conservación de agua, éstas le dan un grado mayor de permanencia al esfuerzo, evitándose así que el productor se sienta tentado a abandonarlas o manejarlas mal (como sería, por ej., introducir el ganado para que pastoree directamente el rastrojo, a menudo sobrepastoreándolo). También, el utilizar barreras vivas o muertas y camellones conlleva eventualmente a un auto-terraceo, que en sí es muy valioso e incrementa el valor de la tierra y la sostenibilidad del sistema. Otro aspecto es que la captación de agua requiere, en el caso que aquí se promueve, de zanjas de ladera para evacuar excedentes de agua hacia tanques de almacenamiento.

Por otro lado, la adecuada priorización en la selección de los terrenos a conservar es muy relevante. Resulta evidente que aunque un terreno altamente erosionado requiera mayor atención desde un punto de vista físico, el productor probablemente estará más interesado y percibirá más beneficios al corto y mediano plazo si implementa las prácticas en un terreno más fértil. Young (1989) destaca que los beneficios de la conservación de suelos son mayores en suelos menos degradados (hay más que perder) que en aquellos altamente degradados y de baja productividad.

Otro aspecto sobre la selección de terrenos se relaciona con la presión por la tierra, es decir, por la necesidad que el productor pueda tener para mantener en producción agrícola un terreno que a todas vistas debiera pasar a bosque. En estos casos, la estrategia a seguir es establecer con mayor intensidad las prácticas de conservación, fomentando la evolución del sistema hacia la agroforestería. Esto permitirá mantener la producción agrícola, compensando con incrementos en productividad y por sustitución de productos la pérdida de espacio cedido a las obras de conservación y a los perennes. Un caso interesante es llevar paulatinamente la producción hacia frutales con terrazas individuales y microriego, sustituyendo así la agricultura anual por un producto de alto precio de mercado.

La tenencia de la tierra debe ser también considerada en la transferencia de prácticas de conservación de suelos. Cuando el productor no posee (de alguna u otra forma) la tierra, sino que la alquila u obtiene temporalmente, no es posible esperar que invierta grandes esfuerzos en conservarla, a menos que obtenga beneficios durante el mismo año o la conservación le sea requerida como parte del contrato de usufructo o incluso como requisito para obtener títulos de propiedad. Lo primero significa que las prácticas sencillas que conservan el agua serán mejor recibidas por estos productores, mientras que lo segundo puede implicar que los dueños de las tierras requieran como mínimo que los productores que las trabajan practiquen labranza de conservación.

Dentro de los aspectos sociales se debe considerar la disposición de cada productor respecto a la adopción de tecnologías nuevas. Hay productores muy anuentes a probar e invertir y, pasando por un rango de intermedios, existen aquellos que difícilmente innovarán. Otro aspecto de relevancia, que se combina con las características biofísicas y económicas, se refiere a las preferencias personales de cada productor, lo que hace necesario que el transferencista tenga a su disposición un menú de tecnologías a ofrecer, de las cuales cada productor podrá escoger la(s) que mejor se adapta(n) a su situación. También, las tecnologías serán más adoptadas en la medida que calcen o no se opongan a características culturales de la población.

Al establecer prioridades respecto a los tipos de terrenos a conservar, siempre se deberá contar con la participación del productor, la cual es necesaria también en la selección de las prácticas a implementar.

La selección de terrenos y prácticas puede realizarse mediante la estipulación de escenarios, cada uno de ellos flexible según los criterios recién discutidos, y con objetivos propios y concadenados con los otros a través del tiempo:

Escenario 1

Características: suelo altamente degradado (poco profundo, baja fertilidad, baja capacidad de retención de agua), generalmente de moderada (5° - 17° u 8 - 30%) a elevada pendiente ($> 17^{\circ}$ ó $> 30\%$), mínima capacidad productiva natural.

Objetivos operacionales: recuperación del suelo (beneficios solo a mediano y largo plazo).

Prácticas a implementar: barbecho por un mínimo de 3-5 años, preferiblemente mejorado por siembra (por semilla) de especies perennes de rápido crecimiento, leguminosas y con características de uso múltiple (leña, forraje, algunos frutos, postes y, evidentemente, fijación de nitrógeno). Entre las leguminosas perennes que pueden usarse¹ en barbechos de ciclo corto a mediano están el carbón y otras acacias (como espino blanco o aramo), leucaena, madreño y nacascolo. También, durante el primer año de establecimiento del barbecho, pueden transplantarse algunas especies de carácter netamente forestal, como cenízaro, guanacaste, teca, eucalipto, melina y laurel, así como algunos frutales como jocote, mango, marañón y tamarindo, para que cuando se remueva el barbecho estos árboles permanezcan en medio de los futuros campos de cultivos o pastizales, para brindar beneficios al mediano y largo plazo--la distribución espacial de estos árboles en función del uso futuro de la tierra es una consideración relevante. En algunos casos el barbecho deberá dejarse por más tiempo como tal (un caso que requiere de mayor tiempo para recuperarse) o incluso permanentemente (un caso que no permite otro uso más que forestal). En estos casos, el trasplante temprano de especies forestales permitirá avanzar en la obtención de beneficios a mediano y largo plazo de lo que se inicia como barbecho con predominancia de leguminosas perennes nativas y que eventualmente será un bosque maderable.

¹Ver capítulo de agroforestería.

Efectos esperados: recuperación de niveles de materia orgánica rica en nitrógeno y con ello fertilidad y capacidad de retención de agua, y disminuir radicalmente el proceso de erosión de suelos.

Al concluir el período de barbecho, el Escenario 1 puede ser tratado como un caso del Escenario 2 si la pendiente del terreno y otras características permiten o exigen agricultura anual; de lo contrario, el barbecho debe ser convertido en una plantación sólida de perennes (inicialmente banco de proteínas/bosquete energético combinado con otros árboles de uso múltiple, orientándolo hacia una predominancia de árboles de mayor carácter forestal, como se indicó arriba).

Resulta evidente que en muchas circunstancias un terreno del Escenario 1 no podrá ser convertido en su totalidad a barbecho si el productor lo requiere para su producción de alimentos. En estos casos deberá tratarse como Escenario 1 las partes menos productivas del campo y como Escenario 2 el resto del terreno.

Escenario 2

Características: suelos medianamente degradados, pendientes moderadas a medianamente elevadas, tienen de mediana a sustancial capacidad productiva natural.

Objetivos operacionales: recuperación del suelo, conservación de suelo y agua; captación de agua opcional después de implementar las prácticas de recuperación y conservación; incrementar racionalmente el uso de insumos (semilla mejorada, otros, al aumentar la capacidad productiva natural).

Prácticas a implementar: las siguientes prácticas se presentan en orden cronológico más que nada para indicar un orden de precedencia y no tanto en función de que deben transferirse año con año; por ejemplo, de ser posible, las barreras vivas pueden implementarse en el primer año en vez del segundo.

Año 1: siembra en contorno, labranza mínima y uso de rastrojos como cobertura; minimizar o eliminar pastoreo de rastrojos (recogiéndolo y dándoselo a los animales fuera del campo); eliminar quema de rastrojos (exceptuando casos en que se requiere para control de enfermedades y el removerlo a mano no es suficiente).

Año 2: barreras vivas combinando anual con perenne (con lomillos apoyando las barreras) o, cuando el caso lo amerite, combinar barreras vivas con barreras de piedra; eliminar pastoreo de rastrojos; uso parcial del follaje rico en nitrógeno de barreras vivas (cuando son leguminosas) para incorporarlo en los surcos. En esta etapa se recomienda iniciar el uso de semilla adecuada y, racional y paulatinamente, incrementar el uso de otros insumos (incluyendo herbicidas de contacto para control de malezas).

Año 3: zanjas de ladera con diques y barreras vivas protegiéndolas para fomentar la retención e infiltración del agua y, opcionalmente, la conducción de excedentes a almacenamiento.

Año 4 o subsecuentes: reforzar con obras físicas más permanentes como terraceo (que ya estará naturalmente formándose).

La utilización de barreras vivas con AUM u otros, por ej. frutales o forestales, puede intensificarse según la calidad del terreno en lo que constituye un arreglo intermedio de implementación agroforestal según la capacidad de recuperación que exhiba el suelo. Las barreras de piedra podrán ser recomendadas en aquellos casos de terrenos con excesiva pedregosidad superficial.

El uso de cobertura viva con leguminosas anuales debe considerarse solamente en circunstancias en que se desee intensificar la recuperación de la fertilidad del suelo, pues éstas compiten con los cultivos por el agua, lo cual puede incidir negativamente en los rendimientos. Más adelante se esboza la estrategia más recomendable para el uso de coberturas vivas en esta región.

Efectos esperados: la siembra en contorno con mínima labranza y uso de cobertura de rastrojos, sobre todo con barreras, es el primer y esencial paso para controlar suficientemente la erosión del suelo y promover la conservación del agua. Las zanjas de ladera con diques vienen a proveer estabilidad a las prácticas culturales iniciadas los dos primeros años y a contribuir a mayores grados de control de la erosión y conservación del agua; las zanjas de ladera pueden combinarse con captación de agua, dando así un beneficio adicional y rápidamente realizable.

Los terrenos del Escenario 2, tras algunos años, pueden ser considerados como del Escenario 3, excepto aquellos casos de pendientes

más elevadas en que será necesario enfatizar en mayor grado un sistema agroforestal, llegando incluso a desfasar paulatinamente la actividad agrícola.

Escenario 3

Características: suelos de poco a medianamente degradados; pendientes de suave ($<5^\circ$ ó $<8\%$) a moderadas; fertilidad, retención de agua y productividad natural de mediana a alta (en función del potencial existente y de prácticas ya implementadas).

Objetivos operacionales: conservar e incrementar la capacidad productiva conservando suelos y agua; captación de agua recomendada si no hay otras fuentes para riego; incrementar y elevar la inversión en insumos (semilla, fertilizante, otros), incrementando y estabilizando rendimientos.

Prácticas a implementar: en la medida que no se estén ya implementando, se aplican las prácticas y se obtienen los efectos del Escenario 2. Los bancales o terrazas se van formando gracias a la combinación de prácticas esbozadas arriba, aunque su formación puede ser acelerada.

La diferencia entre este escenario y el anterior es que una mayor y más estable capacidad productiva permite más inversión en insumos y, de ser posible, riego. La capacidad de establecer pequeñas parcelas con riego puede ser mediante la intensificación de captura de agua.

El Escenario 3 se convierte en el siguiente una vez que se han implementado todas las prácticas y se ha llevado el sistema a un nivel de productividad sustentable.

Escenario 4

Características: sistema estable de relativamente alta productividad; se han venido implementando por años las prácticas adecuadas de conservación de suelos y agua; las pendientes son de leve a moderadas y se está en un proceso de terraceo natural; se captura agua para diversos usos si no hay otras fuentes; se utilizan racionalmente insumos y se optimiza la productividad en términos de rentabilidad económica.

Objetivos operacionales: mantener la relativamente alta capacidad productiva por conservar suelos y agua y por un sano manejo de cultivos y AUM; continuar o expandir la captación de agua para riego y otros usos.

Prácticas a implementar: continuidad de lo indicado para el Escenario 3 tanto para prácticas como para efectos.

A lo anterior se pueden agregar algunos otros criterios, que faciliten la determinación del tipo de escenario que se está confrontando, o permitan de otra manera establecer el uso óptimo de cada terreno. Por ejemplo, la FAO (1990) indica que: "independientemente de la profundidad del suelo, cualquier tierra que tenga demasiadas piedras, sea húmeda, esté sujeta a una fuerte erosión, etc., lo que impide el arado normal y el tratamiento, se puede clasificar como pastizal (pendiente $< 25^\circ$ ó 45%) o bosque (pendiente $> 25^\circ$ ó 45%)". Sin embargo, estas recomendaciones fueron emitidas para el trópico húmedo y subhúmedo, y deben ser modificadas para las condiciones de marcada sequía estacional, que requieren en mayor medida del uso de cultivos perennes (como AUM) y se benefician de la captación de excedentes de agua. En este caso, una modificación consistiría en establecer sistemas silvopastoriles en vez de simplemente pastizales y, en vista de la presión por la tierra, el bosque puede ser un sistema agroforestal de manejo un poco más intensivo que un bosque tradicional para madera.

2.3 Prácticas de conservación de suelos y agua

Sin pretender ser una guía completa, a continuación se describen las prácticas de conservación de suelos que se han postulado arriba como las de mayor conveniencia a transferir a los productores de los sistemas agrosilvopecuarios imperantes, por su pertinencia tanto biofísica como socioeconómica y cultural, lo cual se ha determinado tras estudios de introducción de prácticas y validación conducidos por el Proyecto Agrosilvopastoril como por otros en la región.

Antes de proceder a las prácticas de conservación *per se* introduce el procedimiento primero y más esencial para realizar la mayoría de éstas, el cual es el trazado de las curvas a nivel de un terreno.

2.3.1 Curvas a nivel

El objetivo, como en la mayoría de las prácticas, es utilizar las hileras de cultivos y otras barreras y estructuras, para aminorar o detener la marcha del agua, atravesándolas contra la pendiente para que intercepten el agua. El trazado de las curvas se hace por lo general a nivel, aunque cuando se quiere evacuar más rápidamente el agua de un campo, por ejemplo por zanjas que la llevan a tanques de almacenamiento, se puede realizar el trazado con un ligero desnivel (del 1% ó 2%).

La frecuencia o cantidad de curvas a nivel que se trazan depende de varios factores, entre los que destacan la pendiente del terreno (a mayor pendiente menor la distancia entre cada curva a trazar) y el uso que se le quiera dar a las estructuras (por ej. para capturar agua). Así, en terreno de pendiente elevada, se trazan las curvas cada 4 m y en terrenos de poca pendiente cada 20 m o incluso 30 m. Entre cada curva se sembrarán las hileras de cultivos, siguiendo el contorno indicado por éstas.

Aunque no es estrictamente necesario, lo conveniente es que en cada curva que se trace se establezca una estructura de alguna permanencia, como una barrera viva, un lomillo o una zanja, o combinaciones de éstas. De esta forma se logrará una larga vida del trazado, lo cual permitirá continuar utilizándolo por años, además de lograrse mayor eficiencia en la conservación de suelos y agua. Sin embargo, y sobre todo en labranza mínima, las curvas a nivel son importantes aun cuando solo servirán como guía para las hileras de cultivos que se surcan en ellas y entre ellas.

Es importante trazar las curvas con el cuidado requerido, ya que no es suficiente hacerlas "al ojo" en forma perpendicular a la pendiente; esto puede resultar contraproducente, pues el agua que es atrapada fluirá concentrada por las hileras de cultivos, ocasionando un daño que puede ser mayor que el que se quería controlar.

También, para estas y otras prácticas de conservación de suelos, es importante comenzar de arriba hacia abajo, ya que así se evita que quienes realizan el trabajo (trazado, siembra, otros) dañen lo que se ha avanzado. Esta recomendación debe ser modificada en algunos casos, según se presenta más adelante (Sección 2.3.2). El trazado de curvas a nivel se puede realizar utilizando métodos rústicos, entre los que destacan el nivel A y el uso del nivel de albañil.

El método del nivel A

Este método requiere de la participación de dos personas, y aunque es un poco lento es bastante fácil de utilizar y se prefiere enseñar su uso a los productores que se están iniciando en las prácticas de conservación de suelos.

Construcción y funcionamiento del nivel A: se necesitan tres palos rectos o reglas de 2 a 5 cm de diámetro, dos de 2 m de largo cada uno y el tercero de aproximadamente 1,8 m de largo. Como se muestra en la Figura 1, se unen en un extremo los dos palos de 2 m de largo, pegándolos con un clavo que no se martillea hasta el fondo pues de allí se colgará un cordel. La apertura inferior o distancia entre las patas debe tener 2 m entre punta y punta. El tercer palo (o escala) se pega en forma cruzada a los otros dos, a unos 50 cm del suelo, dándole fortaleza a la estructura y formando una A. En el clavo de la unión de las dos patas, se guinda de un cordel una piedra redonda y pesada, de un diámetro de alrededor de 5 cm, lo que constituye la plomada. La plomada debe colgar libremente sobrepasando en varios centímetros el palo atravesado, ya que el punto de contacto entre la cuerda y ese palo o escala dan la medida del nivel.

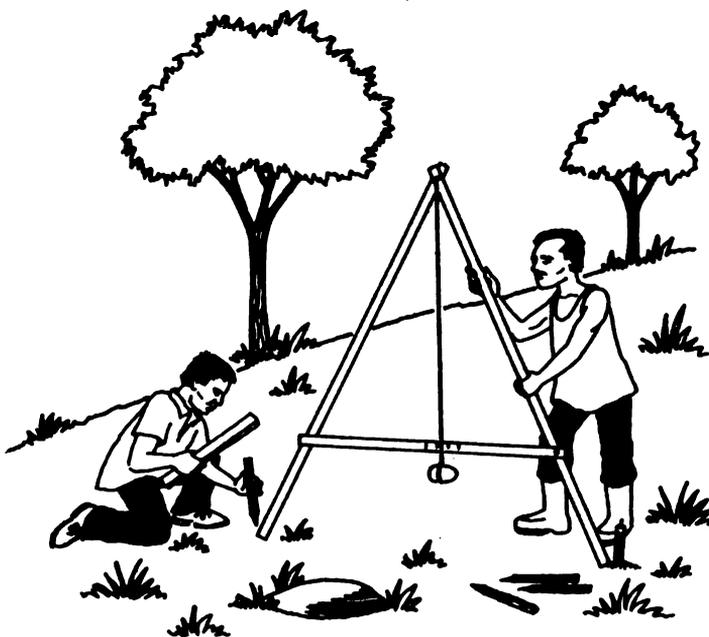


Figura 1 El nivel A y su utilización. Las estacas pueden ponerse cada cinco medidas (cada 10 m) o más frecuentes si el trazado "curvea" mucho.

Calibración del nivel A para curvas a nivel: se busca un lugar bastante plano y se para el nivel, marcando exactamente los dos puntos donde descansan las patas; se marca también el punto en la escala donde pasa la cuerda de la plomada. Se da la vuelta al nivel A, cambiando la posición de las patas, poniendo cada una exactamente donde estaba la otra; se vuelve a marcar la escala en el punto donde pasa la cuerda de la plomada. El punto al centro de las dos marcas que se han hecho en la escala es el punto de cero pendiente (0% inclinación) y también el centro de la escala; este punto es el que se utiliza para trazar curvas a nivel.

Calibración del nivel A para medir porcentaje de pendiente: se nivela el terreno y se acomoda el nivel A hasta que la cuerda pase por el centro de la escala mientras el nivel A descansa en sus dos patas. Se hace descansar una de las patas sobre un tabique o palo de 2 cm de alto y se marca la escala en el punto donde pasa la cuerda; ese punto, que puede marcarse hacia cada lado del centro según la pata que se levante, representa una pendiente del 1% (como la apertura entre las patas es de exactamente 2 m, cada desnivel de 2 cm entre las patas es un desnivel de 1%). Utilizando tabiques o palos en incrementos de 2 cm, se marca a cada lado del centro de la escala los incrementos en pendientes correspondientes a: 1 al 5%, 8%, 10% y de ahí para arriba en incrementos de 5% hasta 45% (que equivale a 25°).

Uso del nivel A: como se muestra en la Figura 1, para usar el nivel A se necesitan dos personas, una que lo sostiene asegurando que la pata que tiene más cercana (la pata interior) esté exactamente en el punto donde estaba la pata exterior previamente (o en el punto en el campo donde se iniciará la curva a nivel), y la otra persona que orienta la otra pata (la pata exterior) hasta que la cuerda de la plomada esté sobre el centro (marca de 0% de pendiente), quien luego marcará el punto donde descansa esa pata, que es exactamente el que ocupará la pata interior para la siguiente medida. En cada medida se puede ir marcando el punto donde la pata exterior dio 0% de inclinación, aunque es más efectivo poner una marca sólida (clavar una estaca) cada 10 m, es decir cada cinco medidas. En partes donde el trazo curva bastante, se pueden poner estacas menos espaciadas.

Tras este proceso, que se hace de un extremo al otro de cada terreno (perpendicular a la pendiente), se procede con la siguiente curva a nivel de 4 a 20 o más metros hacia abajo, hasta que se ha trazado todo el terreno. Posteriormente, se podrán iniciar las prácticas de conservación que se fundamentan en estas curvas.

Otros métodos rústicos para trazar curvas a nivel

El nivel de albañil

Este método requiere de tres personas para utilizarlo, aunque es más rápido que el nivel A pues brinda medidas cada 10 m; requiere, sin embargo, de mayor pericia para utilizarlo que el nivel A.

Construcción y funcionamiento del nivel de albañil: se necesitan dos palos rectos o reglas, de 1,6 m de largo cada uno, los cuales se marcan cada 10 cm comenzando desde el extremo inferior hasta la altura de 1,5 m. En la marca superior se pega un clavo que queda con la cabeza afuera, para amarrar de allí la cuerda. Se corta una cuerda que, después de hacerle un lazo pequeño en cada extremo para amarrarla de los clavos, mida exactamente 10 m de largo. Se amarra la cuerda a cada uno de los palos y se tensa. Del centro de la cuerda se guinda un nivel de albañil, que traiga en cada extremo un gancho para ese propósito. El funcionamiento del método consiste en que, con la cuerda amarrada del clavo en la marca de 1,5 m en cada palo, y tensada por estarla tirando de cada palo, se posiciona el palo exterior hasta que el nivel marque cero inclinación.

Uso del nivel de albañil: como se ve en la Figura 2, se coloca el palo interior al inicio del campo o exactamente donde el palo exterior permitió la lectura anterior de cero pendiente. La persona que lleva el palo exterior se aleja los 10 m hasta tensar la cuerda y comienza a posicionar el palo, manteniendo la cuerda tensa hasta que la tercera persona indica que el nivel de albañil marca cero inclinación. Se marca con una estaca el punto donde descansa el palo exterior, y se continúa la siguiente medición. De esta forma se obtiene una curva a nivel con marcas cada 10 m. El método también sirve para determinar el % de pendiente de un terreno, en este caso hasta el 15% de inclinación, lo cual se logra moviendo la cuerda a lo largo del palo interior hasta que el nivel marque cero inclinación, tomando la lectura de forma tal que cada tramo de 10 cm que se ha bajado la cuerda indica un desnivel de 1%.

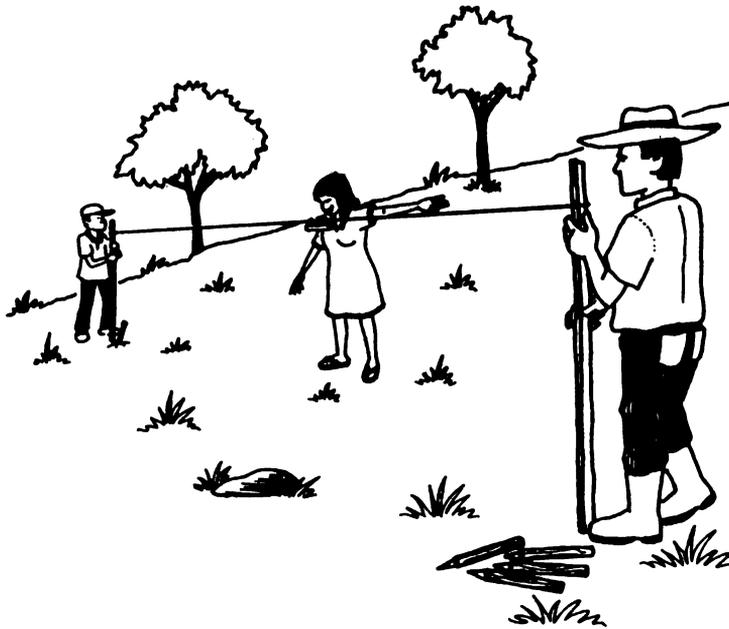


Figura 2 Uso del nivel de albañil. Nótese que ambos palos son mantenidos en forma recta. (Adaptado de Kiepe, 1992).

El nivel de manguera

Este método requiere de dos personas para utilizarlo, y puede ser más rápido que el nivel A, pues da lecturas cada 10 m aproximadamente, aunque requiere de mayor pericia para utilizarlo pues contener el agua dentro de la manguera a veces no es simple.

Se necesita una manguera delgada y transparente de 12,5 m de largo, y dos palos rectos o reglas de 1,5 m de largo cada uno. En cada palo se hacen marcas cada 10 cm hasta la altura de 1 m y se le amarra la manguera sin estrangularla, dejando que unos 25 cm de manguera sobrepasen la marca de 1 m en cada palo. Se llena la manguera con agua y se realiza la marcación del terreno con un procedimiento similar a los dos métodos anteriores, lo cual se logra cuando el nivel del agua es el mismo en cada uno de los extremos de la manguera. Si el trecho de manguera entre las dos personas es de 10 m, entonces cada 10 cm de diferencia entre los niveles de agua indica una pendiente de 1%.

Corrección de las curvas a nivel y otros ajustes

Como se ve en la Figura 3, a menudo es necesario corregir cada curva, pues las marcas de nivel que se han dejado cada 10 m pueden seguir una forma zigzagueante, que no permite trazar una línea o una curva suave a través de todas ellas. Por esta razón, se traza la curva pasando por entre las marcas que zigzaguean, como promediándolas.

Cuando el trazado de una curva a nivel "quiebra" demasiado como para que se pueda seguir con los aperos de arado, allí hay que realizar un ajuste que consiste en separar esa curva en dos. Cuando existe algún obstáculo, como una roca o una cárcava, es preferible, si se puede, continuar la curva alrededor de ese obstáculo que discontinuarla.

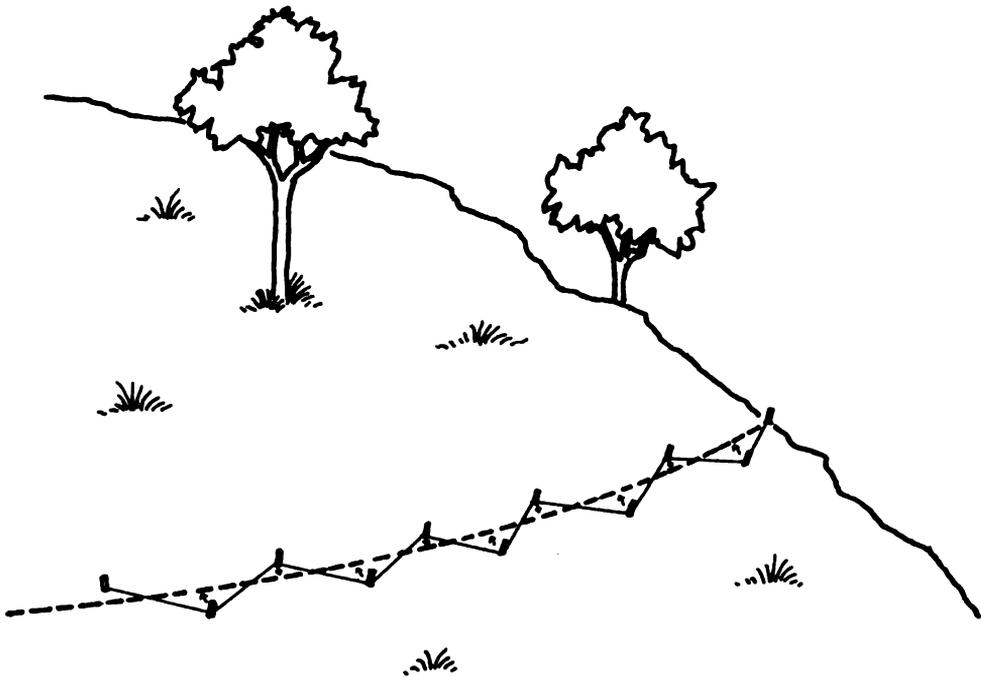


Figura 3 Ajuste del trazado de una curva a nivel.

2.3.2 Labranza o siembra en curvas a nivel (siembra o surcos en contorno)

Después de haber trazado las curvas a nivel, entre ellas, e incluso sobre ellas si no se utilizan para otras actividades de conservación, se preparan los surcos y se siembran las hileras de cultivos. Los surcos deben seguir las curvas ya trazadas, con el ajuste recién indicado.

A menudo, a lo largo del espacio entre dos curvas no caben completamente las hileras de cultivos, quedando algunas troncas. Estas hileras troncas o "cuchillas", que se realizan siempre siguiendo el contorno, deben quedar lo más al centro posible de la distancia entre dos curvas a nivel. En estos casos deberá romperse la regla de que se trabaja de arriba para abajo, pues para dejar las hileras troncas al centro se deben sembrar algunas hileras empezando desde abajo para arriba desde la curva a nivel siguiente.

Por sí sola, la práctica de labranza en curvas a nivel reduce considerablemente la erosión, pero no basta para minimizarla a un nivel aceptable. A continuación se presentan otras actividades que conviene realizar en conjunto con la siembra en contorno. Estas, como ya se ha dicho, son un adecuado manejo del rastrojo como cobertura y, preferiblemente, labranza mínima; estas tres prácticas se constituyen en lo que se denomina labranza de conservación. Posteriormente se presentan las otras prácticas que pueden o deben acompañar a éstas, preferiblemente en el orden secuencial de introducción que se ha venido presentando.

2.3.3 Labranza mínima

La labranza mínima consiste en limitar la roturación y el laboreo del suelo solamente a los surcos donde se va a sembrar; el resto del terreno queda sin disturbar. Esto, aparte de ahorrar trabajo, sobre todo en los suelos más pesados y pedregosos, en conjunto con coberturas del suelo permite preservar la estructura del mismo con lo que ayuda a mantener una adecuada infiltración del agua y disminuye la remoción del suelo por el arrastre del agua. También, para preservar las curvas a nivel y los surcos en contorno, y no tener que retrazarlos cada cierto tiempo, es conveniente recurrir a la labranza mínima. El problema básico que se presenta es que el control de malezas requiere de mayor cuidado o trabajo, para lo cual, aparte del control que proporciona la cobertura del suelo, se pueden utilizar algunos herbicidas de contacto, poco tóxicos, inmediatamente después de sembrar (o antes, según sea el producto).

Como ya se ha estipulado, esta práctica pertenece a un conjunto de prácticas que se pueden implementar a través del tiempo y, si el productor no está preparado para aceptarla el primer año porque significa un cambio muy radical en su forma de trabajar el suelo, es preferible posponerla para el segundo año.

2.3.4 Manejo del rastrojo como cobertura

El manejo del rastrojo es esencial para contribuir a la conservación y recuperación del suelo, así como a la conservación de agua. Mantener cubierto el suelo entre las hileras de cultivos ayuda a controlar las malezas, proporciona una serie de beneficios relacionados con la materia orgánica y la fertilidad, lo protege contra el impacto de las gotas de lluvia, colabora en detener el movimiento lateral del agua, evita que el suelo se reseque en demasía, y disminuye las pérdidas de agua por evaporación. Estos tres últimos factores contribuyen directamente a que haya más agua disponible para los cultivos.

Aunque en muchas instancias se habla de que el rastrojo debe acomodarse para proteger las hileras de cultivos, la opción preferible es que cubra todo el suelo entre las hileras. Esto es lo que se ha llegado a considerar como la práctica óptima en el Proyecto Metalío-Guaymango (Calderón *et al.*, 1991). En ese mismo proyecto se ha calculado que el sistema maíz-sorgo (maicillo), según es practicado por los productores del proyecto, deja al final del ciclo por lo menos 10 t/ha de biomasa como rastrojo, el cual se pastorea ligeramente durante tres meses de la estación seca, dejando para el inicio de la siembra entre 2 y 6 t/ha de este residuo sobre el suelo, que proporciona una adecuada cobertura del suelo y otros beneficios.

El Proyecto Agrosilvopastoril transfirió la tecnología de labranza de conservación (siembra en contorno, rastrojo como cobertura y labranza mínima) a pequeños productores en Santa Ana, El Salvador. Entre los resultados destaca que los productores fueron muy receptivos a la tecnología, adaptándose rápidamente a una situación de mínimo pastoreo/recoger el rastrojo a mano. En promedio, tras permitir que sus animales pastorearan 2,3 t/ha, los productores dejaron 5,8 t/ha de rastrojo en sus campos; esta última cifra es más elevada que lo normal pues se trataba del primer año de implementación de la práctica. Para los casos en que se cuantificó el rastrojo que los productores dejaban en sus campos el año antes de implementar labranza de conservación, se encontró que la cantidad pasó de 2,6 t/ha a

5,2 t/ha (diferencia significativa, $p < 0,05$ por prueba de t pareada), lo cual corrobora la receptividad de ellos hacia esta práctica.

El problema que puede representar el sobrepastoreo, o incluso el pastoreo si hay obras de conservación que deben protegerse (como barreras vivas, zanjas, lomillos), conlleva a considerar que se discontinúe totalmente el pastoreo directo, recogiendo porciones del rastrojo y dándoselo a los animales fuera de los campos agrícolas. De cualquier forma que se maneje el rastrojo, debe dejarse suficiente cobertura del suelo para protegerlo del impacto de las gotas de lluvia al inicio de la estación lluviosa.

Un problema que se asocia con dejar los rastrojos en el campo es el de la acumulación de algunas enfermedades, para controlar lo cual es que a menudo se quema el rastrojo. Esto, aparte de ser un problema menos severo en las condiciones de marcada sequía estacional, en donde la estación seca se encarga de disminuir notablemente la carga de patógenos, puede solucionarse removiendo el rastrojo infectado para utilizarlo con otros fines. En casos extremos, podría llegar a recurrirse a una quema controlada, que de todas formas implica apilar el rastrojo en los extremos de los campos.

Otro problema que puede encontrarse durante el primer y segundo año del uso de rastrojo proveniente de gramíneas (como maíz y sorgo), es que ocurre una inmovilización temporal del nitrógeno del suelo mientras se descompone parte del rastrojo; esto puede significar la necesidad de adicionar algún fertilizante nitrogenado extra durante la siembra de inicio de la primera estación lluviosa siguiente. También, el uso de coberturas vivas con leguminosas herbáceas, y la incorporación de follaje de leguminosas perennes ayuda a soslayar este problema--además de evidenciar la conveniencia de tener varias prácticas funcionando integralmente, en un sistema de conservación de suelos y agua.

2.3.5 Coberturas vivas (cultivos de cobertura)

El uso de coberturas vivas, sobre todo leguminosas herbáceas, proporciona una serie de beneficios para la conservación de suelos actuando como cobertura del suelo contra la erosión y, sobre todo, fijando nitrógeno que en gran parte podrá ser recuperado por los cultivos. Sin embargo, esta práctica en las condiciones de marcada sequía estacional tiene varios requisitos de manejo para que no compita en demasía por el agua con los

cultivos. Su uso es recomendable en algunas situaciones, sobre todo cuando la necesidad de recuperar la fertilidad del suelo es mayor.

Se debe utilizar una especie de leguminosa que tolere bien una estación seca prolongada; entre éstas destacan canavalia (*Canavalia brasiliensis* y *ensiformis*) y mucuna (*Mucuna aterrima* y *deeringiana*), las cuales aun sembradas al final de la estación de lluvias, han mostrado gran tolerancia al déficit hídrico y tienen capacidad de rebrote rápido con la entrada de las lluvias (Lobo *et al.*, 1992). En Choluteca, Honduras, el Proyecto Agrosilvopastoril probó con éxito la mucuna (*M. deeringiana* o frijol de abono).

Para que el beneficio de la fijación de nitrógeno sea aprovechado, la cobertura viva debe incorporarse, por lo menos en los surcos cuando se practica labranza mínima; por esta razón, su uso debe ser programado dentro del sistema de conservación de suelos y agua para que sea compatible con las prácticas implementadas.

La estrategia es sembrar las semillas de la leguminosa cerca del final de la estación de lluvias, para que germine y se establezca con adecuada humedad, prácticamente sin competir por el agua con el o los cultivos que ya están próximos a entrar en una fase de mínima necesidad de agua. Durante un período, la leguminosa crecerá con el agua que extrae del suelo. Al entrar la estación de lluvias rebrota o germinan las semillas producidas durante la estación seca y crece rápidamente. Allí debe tomarse la decisión respecto a los cultivos a sembrar y el momento de incorporar el material vegetativo o podarlo drásticamente (para uso como forraje) para que disminuya su consumo de agua.

2.3.6a Barreras vivas

En la secuencia de las diversas prácticas, las barreras vivas (también conocidas como fajas anti-erosivas) son las obras biológicas de conservación de suelos que deben implementarse después de las prácticas de surcos en contorno con rastrojo y labranza mínima. Sin embargo, el mismo año que se comienza a trabajar con surcos en contorno, debieran implementarse las barreras vivas para darle mayor permanencia al sistema. Para estas y otras prácticas que se constituyen en obras de conservación, el pastoreo directo en los terrenos debe ser evitado; esto puede requerir que se cerquen los campos, para lo cual lo más recomendable es el uso de cercas vivas (Sección 3.4).

Para obtener los beneficios rápidamente, el primer año se comienza con una barrera viva de alguna especie herbácea de crecimiento rápido (por ej., pastos o gandul, ver abajo) y, para lograr un beneficio al largo plazo y asegurar la permanencia de la misma, se siembra también en esta barrera una hilera de árboles (usualmente leguminosas de uso múltiple como madreaje o leucaena²). Eventualmente, la barrera viva puede dejarse solo con árboles, aunque la combinación con un pasto puede continuar siendo beneficiosa para el productor.

El menor costo en el establecimiento de la barrera viva se logra sembrando tanto la especie herbácea como la perenne por semilla, en un surco abierto para tal propósito (para disminuir la competencia la hilera de árboles puede sembrarse unos 30 cm pendiente abajo de la de la especie herbácea). Para la herbácea la siembra es a chorro corrido, si es gandul puede espaciarse cada semilla a 5 cm para ralear luego a 10 cm; con las perennes se puede poner una semilla cada 10 cm, para luego ralear (o resembrar si es del caso) para dejar los árboles con una distancia entre 30-50 cm. Es frecuente encontrar que las barreras vivas con árboles se siembran en hileras dobles, a tresbolillo, pero esto no es necesario si se mantiene bajo los árboles la barrera de herbácea o un lomillo por algunos años, o incluso indefinidamente. El tratamiento con agua a 90°C por 1-3 min de las semillas de algunas leguminosas perennes³, lo cual es seguido para todas por remojo en agua a temperatura ambiente por 48 horas, aumenta y acelera la germinación.

Lo más recomendado es que la barrera viva se establezca sobre un lomillo que se ha levantado sobre la curva a nivel (los lomillos se describen en la siguiente sección), así se maximizarán los beneficios y la barrera viva con lomillo será funcional desde el primer momento que se establece.

Las barreras vivas se establecen sobre lomillos en la curva a nivel que se trazó (con distanciamiento entre barreras variando según la pendiente del terreno), y entre éstas se siembran las hileras de cultivos, como se ve en la Figura 4a. En la Figura 4b se observa el resultado final y óptimo de las prácticas de conservación, que es el terraceo natural del terreno, el cual se forma por acumulación de suelo contra la estructura (biológica y/o física). El

²La leucaena está siendo desenfanzada por problemas de plagas y enfermedades; en todo caso, en obras de conservación de suelo deben utilizarse líneas que no defolien excesivamente en la estación seca y sean de rápido rebrote de hojas con las primeras lluvias.

³La leucaena lo requiere; el madreaje o gliricidia no.

suelo que se va acumulando, aparte de ser una excelente evidencia de efectividad ante los ojos del productor, es más fértil y retiene más agua que el resto del terreno, por lo que los productores pueden comenzar a utilizarlo para sembrar cultivos de más rentabilidad aunque menos tolerantes a las condiciones de baja productividad del resto del terreno, como son ajonjolí, frijol, soya e incluso eventualmente hortalizas.

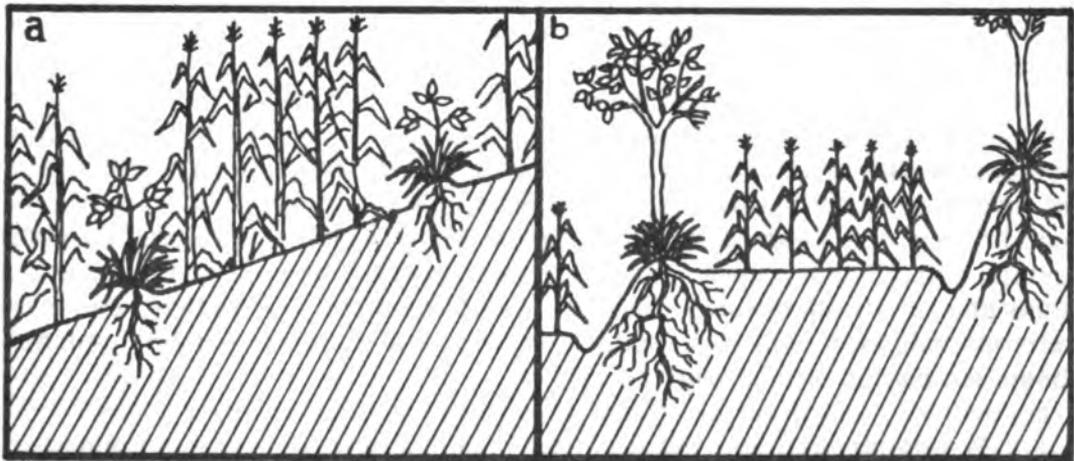


Figura 4 Barreras vivas de pasto con árboles sembradas sobre lomillos entre hileras de cultivos: a) en el primer año de establecimiento y b) años después, cuando ha ocurrido terraceo natural por acumulación de suelo contra las barreras con lomillos.

Para minimizar la competencia por agua del suelo entre los cultivos y las plantas y árboles de las barreras vivas, el follaje de estos últimos debe ser removido por chapia o poda al inicio del veranillo y de la estación seca. En su generalidad, este material tiene un uso para la alimentación del ganado (directamente o almacenándolo en hornos o conos forrajeros--ver Capítulo 4) y parte del mismo puede ser usado como cobertura del suelo y, de ser de una leguminosa, es conveniente incorporarlo en la hilera del cultivo durante la apertura del surco en cada siembra.

La experiencia en la región ha indicado que varios pastos son útiles para la parte herbácea de las barreras vivas, entre los que destacan el andropogón (*Andropogon gayanus*, Sección 4.6.1) y el Taiwan (*Pennisetum purpureum*). El Proyecto Agrosilvopastoril estableció barreras vivas de pasto Taiwan, con siembra de semilla a chorro, en las fincas de 16 productores de Estelí, Nicaragua, con excelentes resultados respecto a establecimiento y función. Se establecieron en promedio 900 m de barrera viva por finca y para la poda de fin de año se cosechó un promedio de 86 kg de forraje verde por cada 100 m de barrera viva. Este material fue utilizado directamente para alimentar ganado y en algunos casos se utilizó en hornos forrajeros. Un aspecto importante del uso de pastos como barreras vivas es que el follaje debe ser cosechado cada año antes de que llegue a semilla; de lo contrario, se estará promoviendo una infestación del terreno.

El Proyecto Chinorte en Nicaragua (Chávez y Foletti, 1994) ha utilizado exitosamente el gandul (*Cajanus cajan*) como herbácea mientras se establece el madreado, con una densidad de 12 plantas por metro. Las ventajas del gandul son que tiene alto porcentaje de germinación y es agresivo para establecerse, y que proporciona grano para consumo humano y algo de leña. Este tipo de introducción de cultivos, como el gandul y el vetiver, deben ir acompañados tanto de la capacitación sobre su fenología y manejo como del buen uso de sus productos.

El uso de vetiver (*Vetiveria zizanioides*), aunque presenta grandes beneficios en términos de la efectividad de la barrera viva y facilidad de implementación, tiene las desventajas de que el material de siembra a veces no es fácil de obtener y que sus productos no son directamente utilizables en el sentido tradicional (básicamente, el follaje es poco apetecido por los animales, lo cual en algunas circunstancias puede ser una ventaja, sobre todo cuando se practica el pastoreo de rastrojos, pues los animales respetan las barreras vivas de vetiver). Otras ventajas del vetiver son que es muy tolerante a extremos climáticos, se establece una excelente barrera viva con solo una hilera de plantas densamente sembradas, y la mayoría de las variedades no son invasivas; también, el follaje puede ser utilizado como tejido para artesanías y el aceite de las raíces es mercadeable aunque requiere industrialización (BOSTID/NRC, 1993). Aun con las limitaciones productivas que presenta, el vetiver está siendo fomentado como barreras vivas en Centroamérica, y su escogencia debe quedar a criterio del productor. Esta fue la estrategia seguida por el Proyecto Agrosilvopastoril, y varios productores implementaron exitosamente barreras vivas con vetiver.

En Honduras, una barrera viva de madreaje (sembrado por semilla) de 180 m de largo, rindió 270 kg de follaje y tallos verdes (equivalente a 73 kg de materia seca) cuando fue podada a los 15 meses de establecida. Esto da un rendimiento de 150 kg de materia verde por cada 100 m de barrera viva de madreaje. Estas y otras cifras, analizadas con más detalle en el capítulo de agroforestería, permiten realizar estimaciones sobre la capacidad de alimentación del ganado y otras utilidades (como leña) que estas prácticas brindan.

2.3.6b Barreras de piedra

Las barreras de piedra, siempre siguiendo las curvas a nivel, son recomendables en los terrenos de alta pedregosidad superficial, lo cual a menudo es el producto de avanzados procesos de erosión. En estas condiciones, y ya que remover las piedras de mayor tamaño es saludable para las prácticas agrícolas, se recomiendan las barreras de piedra en conjunto con labranza de conservación, reforzándolas con barreras vivas.

Una gran ventaja que presentan las barreras de piedra es que pueden ser implementadas durante la estación seca, cuando la demanda y costo de oportunidad de la mano de obra familiar es generalmente muy baja. El transferencista deberá aprovechar esta circunstancia para promoverlas, aunque el enfoque a mediano y largo plazo es lograr un aprovechamiento más estable y rentable de la mano de obra durante la estación seca.

En Jutiapa, Guatemala, quince coejecutores del Proyecto Agrosilvopastoril establecieron barreras de piedra en sus terrenos, en la mayoría de los casos reforzándolas con una hilera de pasto andropogón, a veces agregando otra hilera de madreaje en la parte pendiente arriba de la barrera de piedra. Las barreras de piedra fueron inicialmente de tres hileras de piedras de alto y, durante el segundo y tercer verano, además de ampliarlas en longitud, los productores encontraron necesario agregar una hilera más de piedras pues el suelo acumulado contra ellas lo hizo necesario para mantener su funcionalidad. Esta evidencia de acumulación de suelo (terraceo natural) es el mejor elemento que incita a los productores a continuar ampliando y manteniendo la tecnología. En algunos casos, los productores comenzaron a sembrar cultivos de mayor rentabilidad que el maíz en el suelo retenido por las barreras.

2.3.7 Lomillos (o camellones)

Los lomillos consisten en acumular suelo en la curva a nivel, creando una especie de montículo a todo lo largo de la misma (Figura 5). Su utilidad radica en que se constituyen en una barrera física al paso del agua, de mayor consistencia que las hileras de cultivos. Si se ejecutan solos, sobre ellos puede sembrarse una hilera de cultivos (este cultivo incluso puede ser otro, de mayor rentabilidad, ya que el suelo acumulado en el lomillo es de la mejor calidad del terreno, por ser superficial, y es más profundo que el resto, dando mayor disponibilidad de agua).

Las dimensiones de ancho y altura de los lomillos variarán en función de cuánto depende de éstos el detener el agua de escorrentía, lo cual a su vez depende de las otras prácticas implementadas. Las dimensiones mínimas son 40 cm de ancho en la base y una altura de 30 cm, después de una compactación suave con la pala. En todo caso, no es recomendable establecer solamente lomillos para controlar la erosión y conservar agua, sino que éstos son parte de una secuencia y complementan otras prácticas. El distanciamiento entre lomillos sigue las reglas establecidas anteriormente en función de la pendiente del terreno.



Figura 5 Lomillos en curvas a nivel, con hilera de cultivos sembrada en éstos.

Por lo general, es conveniente utilizar los lomillos junto con otras obras de conservación, con barreras vivas y zanjas. Esto se vio arriba con barreras vivas y se retoma a continuación en relación a zanjas, donde también se presenta una estimación del tiempo que toma construir zanjas con lomillos.

En situaciones en que hay muy poco suelo y abundancia de piedras, se pueden sustituir los lomillos por pequeños muros de piedra, aunque la necesidad de mano de obra puede ser bastante mayor.

2.3.8 Zanjas de ladera

Las zanjas o acequias son una forma muy efectiva de capturar el agua de escorrentía y la que viene percolando a través del suelo, la cual puede ser acumulada allí (zanjas de infiltración, con cero pendiente y con tabiques o particiones para evitar que el agua fluya lateralmente) o puede ser evacuada hacia afuera del terreno (zanjas de drenaje, con pendiente de 1% ó 2%) o, como se verá después, hacia tanques de almacenamiento. Es posible también utilizar una combinación, utilizando las zanjas durante los períodos de exceso de lluvia para evacuar el agua y, cuando se van acercando los períodos de sequía, poner los tabiques (o barreras de tierra) a lo largo de la zanja para dejar que el agua se empoze allí.

La frecuencia con que se deben implementar las zanjas depende de lo empinado de la pendiente del terreno y del uso para conservación/captación de agua que se les quiera dar. Así, si solamente se utilizan para evacuar excedentes de agua, la distancia entre zanjas vendrá determinada por la pendiente y otras características del terreno y por la intensidad de lluvia y podrá ser igual a la de las curvas a nivel que se trazaron. Si se utilizan para aumentar la infiltración del agua, podrán construirse más frecuentemente en terrenos de poca pendiente que lo que la conservación de suelos requiere por sí sola. Esto último queda a decisión del productor, pues la construcción de zanjas requiere bastante mano de obra. La estrategia a seguir es construir las zanjas para reforzar las prácticas de conservación de suelos y de allí que el productor aumente su frecuencia según vea los beneficios que reportan.

Existe una variedad de dimensiones que pueden utilizarse para construir las zanjas de ladera. La escogencia depende de varios factores, entre los que destaca la disponibilidad del productor para invertir su tiempo en construir las. En un inicio, las zanjas pueden no ser tan anchas y profundas como sería lo

recomendado, lo cual permitirá al productor implementarlas a un nivel de prueba. En todo caso, tanto el número como la amplitud y profundidad de las zanjas deberán determinarse para cada condición particular, teniendo en cuenta factores como el área que se pierde para cultivar, la profundidad del suelo y el tipo de cultivos que se beneficiarán del agua que se capta e infiltra.

En la Figura 6 se muestra la disposición de una zanja de ladera; las zanjas siguen las curvas a nivel y deben llevar en su parte superior una barrera viva con lomillo (o una barrera de piedra con barrera viva) para garantizar su durabilidad (de lo contrario acumulan suelo erosionado y tienen corta vida).



Figura 6 Zanja de ladera, con lomillo y barreras vivas en su borde superior como complemento y protección. Nótese los cúmulos de tierra puestos como tabiques para detener el movimiento lateral del agua dentro de la zanja, fomentando la infiltración *in situ*.

Algunos productores del Proyecto Agrosilvopastoril en Choluteca, Honduras, establecieron zanjas de ladera pequeñas (de infiltración) que tenían 20 cm de profundidad (sin considerar el lomillo en el borde superior, que se construye con la tierra que se excava), 20 cm en la base inferior y 40 cm en la base superior. Otros productores, que utilizaron las zanjas para llevar el agua a tanques de almacenamiento, construyeron zanjas más grandes, de una profundidad promedio de 35 cm, una base inferior de 65 cm y una base superior de 100 cm. El tiempo en mano de obra para excavar este último tipo de zanjas fue de alrededor de 40 min/m; esto indica que un jornalero rendirá alrededor de 12 m de estas zanjas por día, lo cual evidencia el alto costo en mano de obra requerido. En casos de suelos más profundos, es conveniente que las zanjas sean más profundas, con lo cual se logrará interceptar con mayor eficiencia el agua que percola subsuperficialmente y que de otra forma abandonaría el terreno, y no necesitan ser tan anchas como el ejemplo recién citado. Un criterio para determinar la profundidad de algunas zanjas es que ésta sea un poco más profunda que el punto donde el suelo se convierte en material duro (parental), así se interceptará la mayoría del agua que fluye subsuperficialmente.

2.3.9 Terrazas individuales

Aunque el terraceo es un sistema de gran permanencia, requiere de mucha mano de obra y no es factible de realizar en suelos poco profundos. Esto aparte del terraceo natural que se va formando con los años gracias a la acción de las prácticas de conservación.

Sin embargo, existe una opción intermedia que puede realizarse de a poco en los campos de mediana a alta pendiente, que es el terraceo individual, en el cual se construye una pequeña terraza circular en la cual se trasplanta una plántula de árbol, generalmente de un frutal (Figura 7), entre los que destacan el mango, el marañón, el jocote, algunos cítricos y la papaya; las musáceas (plátanos) requieren del cuidado de controlar el ahijamiento de forma tal que la planta se mantenga dentro de la terraza. El borde externo de la terraza puede ir reforzado con piedras, en lo que se constituye en un micro-talud.



Figura 7 Terraza individual con barrera viva en su extremo superior. El corte en la tierra permite que el agua percolando subsuperficialmente sea atrapada por la terraza.

Las ventajas de estas terrazas individuales son que permiten: dar una mayor profundidad de suelo a cada árbol, al acumularlo; que el agua se acumule e infiltre, quedando disponible para el árbol; que el fertilizante y otros insumos y mano de obra puedan dedicarse exclusivamente al árbol. Para fomentar la acumulación de agua, puede construirse una zanja semicircular angosta dentro de la misma.

Otro aspecto importante es que el permitir realizar el trabajo poco a poco, con los años, el productor eventualmente podrá convertir porciones considerables de su terreno en una plantación de frutales (con apoyo de microriego), que puede llegar a ser mucho más rentable y estable que la agricultura tradicional con cultivos anuales.

El Proyecto Agrosilvopastoril transfirió las terrazas individuales con gran aceptación por parte de los productores, quienes han mostrado gran predilección por los frutales y han indicado además lo difícil que les resulta obtener plántulas, incluso pagándolas, lo que evidencia la importancia de los viveros.

2.3.10 Control de cárcavas

Las cárcavas son zanjas naturales causadas por el paso del agua, que socava el suelo y se lo lleva. Son indeseables en los campos y deben controlarse, tanto porque dificultan la agricultura, porque no es posible cultivar el terreno donde está la cárcava, y porque la tendencia de una cárcava es a agrandarse.

Para controlar una cárcava se siguen dos líneas de acción: controlar el flujo del agua de los terrenos sobre la cárcava, que es la que ha llevado a la formación de ésta, y controlar el flujo dentro de la cárcava y su recuperación. Esta última línea de acción, básicamente trata de establecer muros o diques (de piedras) dentro de la cárcava, para que se forme naturalmente un terracedo que recupere ese pedazo de terreno (Figura 8).



Figura 8 Cárcava mostrando muros de piedra y árboles estabilizando el terreno a su alrededor.

Si la cárcava es profunda, los muros se deben ir elevando paulatinamente con el tiempo, en la medida que el terraceo lo exige. También, en vez de muros de piedra, o para complementarlos, se pueden sembrar barreras vivas, utilizando pastos o incluso existen ejemplos exitosos con bambú. Si la cárcava es muy grande, es recomendable rodearla de algunos árboles para estabilizar sus bordes.

Después de estas acciones, al cabo de algunos años la cárcava será un terreno bastante fértil para la agricultura, pues el suelo que se acumula permitiendo el terraceo natural es por lo general bastante rico. Sharma (1993a) presenta más detalles sobre el control de cárcavas.

2.4 Captación de agua

La captación de agua, como ya se ha visto, puede efectuarse *in situ* por medio de zanjas (zanjas de infiltración) cuyo propósito es acumular el agua de escorrentía y la que fluye por dentro del suelo en el mismo terreno, para que sea directamente disponible a los cultivos después de que se infiltra lentamente en el suelo. Ejemplos de esto son las zanjas de ladera que se construyen a nivel (cero pendiente), para que capturen el agua y permitan su infiltración (Figura 6). Hay otras variantes, que tienen el mismo principio, como sería el construir zanjas de media luna (semicirculares) alrededor de cada árbol o zanjas angostas paralelas a cada hilera de cultivos, lo cual puede realizarse mientras la rentabilidad del cultivo--en su sentido más amplio--lo permita.

Aquí se describirá un método de captación de agua que consiste en evacuar el agua de escorrentía por medio de zanjas de ladera que tienen una pendiente suave (1% ó 2%). Estas zanjas no se diferencian en cuanto a su construcción de aquellas descritas previamente, excepto por la pendiente que sirve para evacuar los excedentes de agua en los campos, y llevarla hasta unos tanques de almacenamiento, que se posicionan en los extremos de los terrenos o en algunos puntos intermedios según el ancho de los mismos. Este tipo de estructura es ilustrado en la Figura 9.



Figura 9 Tanque de captación de agua alimentado por zanja de ladera con pendiente (en la figura no se muestra el revestimiento ni la tapa del tanque, que se discuten a continuación).

Los tanques de almacenamiento deben ser impermeables, lo cual se logra con un revestimiento delgado de una mezcla de cemento con arena, a la que se le puede agregar cal, en las proporciones (1:2:2). También se pueden revestir con ladrillos o usando grava fina en la mezcla. Es conveniente revestir bien los bordes superiores del tanque e incluir en la interfase entre la zanja y el tanque una rampa de la mezcla de cemento, para que no se erosionen los bordes del tanque.

El Proyecto Agrosilvopastoril llevó esta tecnología a varios productores en Choluteca, Honduras, quienes la acogieron con facilidad a pesar del alto requerimiento de mano de obra y el desembolso en insumos (mayormente cemento), y excavaron las zanjas de ladera estimulados por los beneficios que les reporta contar con algunas cantidades de agua para micro-riego. De esta manera, se enlazó la conservación de suelos con la captación de agua.

Algunos de estos productores construyeron varios tanques pequeños (por la dificultad de excavar un pozo grande en terreno rocoso) de forma trapezoidal (de base rectangular pero de base inferior más pequeña que la superior), y desarrollaron capacidades de almacenamiento de alrededor de 1.200 galones (unos 4.500 litros), incrementando en varios casos el número inicial de tanques por su propia iniciativa el mismo año que se les transfirió la tecnología. Los tanques se llenaron varias veces durante el año, y el agua fue utilizada para regar hortalizas durante la canícula y al final de la estación seca, así como para otros usos como contar con agua para aplicaciones de pesticidas y lavar implementos. Algunos productores consideraron conveniente utilizar los tanques más grandes como el foso de hornos forrajeros (ver Sección 4.2.1), en lo que representa un excelente ejemplo de la manera en que se pueden integrar las tecnologías dentro de un sistema agrosilvopecuario.

De ser posible, es preferible construir un tanque mediano (por ej. de 4 m³ o 4.000 litros) en vez de varios pequeños (de 1 m³ cada uno). Esto porque en un tanque más grande se mejora la relación entre el volumen y el área en paredes y piso (que requieren revestimiento y por lo tanto insumos). También, un solo tanque es más fácil de mantener tapado que varios, con lo cual se disminuyen considerablemente las pérdidas por evaporación. Las siguientes recomendaciones pueden utilizarse para tanques medianos de alrededor de 4 m³ de capacidad: 1 m de profundidad, 1,5 m de ancho y 3 m de largo. Un tanque de 1,5 m de profundidad y 1,5 m de ancho requiere ser de 2 m de largo. Un tanque de 6 m³ de 1,5 m de profundidad tendrá un ancho de 1,5 m y un largo de 3 m, o un ancho y un largo igual de 2 m.

Las dimensiones y espaciamientos de las zanjas variarán con el terreno y el número de tanques (ver Sección 2.3.8). Una vez que el productor aprende a establecer e implementar la tecnología con un ejemplo, podrá incrementar el número de tanques y de zanjas según su conveniencia.

Considerando que por cada m² de cultivos se requiere regar 5 litros por día, 5.000 litros de agua alcanzarán para regar un lote de hortalizas de 25 m² por 40 días, lo cual puede ser tiempo suficiente para que se logre un producto de muy alto precio en el mercado, sobre todo cuando la oferta es muy baja precisamente por la falta de agua. El riego debe iniciarse algunos días después de que ha dejado de llover (el número de días variará dependiendo del suelo y el estado de desarrollo del cultivo) y se puede regar con baldes o manguera cada 3-6 días, también dependiendo del tipo y profundidad de suelo. Cuando

cesan las lluvias, un suelo profundo de textura arcillo-limosa tendrá agua almacenada para durarle unos 10 días al cultivo antes de tener que regarlo, mientras que cultivos creciendo en un suelo poco profundo, arenoso y pedregoso, requerirán ser regados a los pocos días de que ha dejado de llover. En todo caso, es conveniente establecer los lotes pequeños de hortalizas en los mejores suelos, preferiblemente en o cerca del solar de la casa. Esta actividad de micro-riego puede incluir regar frutales, sobre todo durante el primer año de su siembra, para que enfrenten la estación seca con mejores posibilidades de supervivencia.

2.5 Consideraciones finales

Las prácticas de conservación de suelos que se han presentado no son nuevas; solamente se han estipulado en función de un contexto que sintetiza la experiencia práctica y permite esperar una mayor aceptación y adopción por parte de los pequeños y medianos productores de bajos ingresos.

El esquema presentado, que se aplica únicamente a condiciones de sequía estacional marcada con predominancia de cultivos anuales, consiste en:

- 1-** Minimizar o posponer el uso de prácticas que requieren de excesiva mano de obra, sobre todo durante la estación de lluvias; estas prácticas quedan a disposición de aquellos productores que desean implementarlas, lo cual generalmente será después de implementar prácticas de menor inversión.
- 2-** Diferenciar y priorizar adecuadamente entre los terrenos a conservar, para lo cual se presentó un modelo fundamentado en escenarios, los que no deben verse como rígidos.
- 3-** Priorizar en función cronológica de entre las diversas tecnologías o prácticas que se transferirán. Las prácticas simples y fáciles de implementar serán mejor recibidas por los productores, en la medida que reporten beneficios rápidamente percibibles.
- 4-** Incluir, prácticamente como requisito, la conservación de agua en todos los esfuerzos de conservación de suelos. Esto, aparte de ser lógico y fácil de implementar, permitirá que el productor obtenga y perciba beneficios desde el primer ciclo agrícola en que implementa sus prácticas de conservación.

- 5- Ofrecer algunas prácticas alternativas u opcionales, como terrazas individuales y captación/almacenamiento de agua, para cubrir una mayor gama de situaciones y, para estos dos casos, ofrecer avenidas para la evolución de los sistemas hacia esquemas de mayor rentabilidad económica.**
- 6- Establecer claramente que la conservación de suelos y agua debe ir acompañada de mejoras en las otras prácticas que comprenden la producción de cultivos, entre las que destaca el uso de semilla de buena calidad y, racionalmente, de insumos químicos, sobre todo cuando se ha logrado una mayor estabilidad y capacidad productiva gracias a las prácticas de conservación de suelos y agua.**
- 7- Capacitar a los productores sobre la evolución a través de los años que sufren los sistemas de conservación de suelos (y los agroforestales), para que logren así maximizar los beneficios y manejarlos adecuadamente en función de los cambios a través del tiempo (por ej., terraceo que va ocurriendo y crecimiento de los árboles).**
- 8- Indicar, como ejemplos y enfoque metodológico, la serie de interacciones que se dan dentro de los sistemas agrosilvopecuarios y, como se ha visto, también entre las diversas tecnologías.**

De esta forma, este capítulo se constituye no en un listado y descripción más de prácticas de conservación, sino que representa un esfuerzo de integración sistemática, cuya aplicación, con las modificaciones y opciones lógicas, permitirá un mayor éxito en la transferencia y adopción de estas prácticas.

Referencias

- BOSTID/NRC. 1993. Vetiver grass. A thin green line against erosion. National Academy Press, Washington, D.C.
- Calderón, F., H. Sosa, V. Mendoza, G. Saín y H. Barreto. 1991. Adopción y difusión de labranza de conservación en Metalfo-Guaymango, El Salvador--aspectos institucionales y reflexiones técnicas. *In*: Memorias del taller Agricultura Sostenible en las Laderas Centroamericanas, pp. 189-210. IICA/CIAT/CATIE/CIMMYT, Costa Rica.
- Campesino a Campesino. 1992. Al principio es duro...pero, de un poquito, se cosecha bastante...UNAG, Ed. Enlace, Managua, Nicaragua.
- Chávez, O. y C. Foletti. 1994. Prácticas agroforestales con conservación de suelo en zonas de ladera--componente agricultura sostenible en ladera, Programa Chinorte. Presentación en Simposio Agrosilvopastoril, CATIE, 17 de marzo, 1994, Managua, Nicaragua.
- FAO. 1990. Conservación de suelos para los pequeños agricultores en las zonas tropicales húmedas. Boletín de Suelos no. 60, FAO, Roma.
- Hesse-Rodríguez, M. 1994. Sembradores de esperanza--conservar para cultivar y vivir. PROCONDEMA, Ed. Guaymuras, Honduras.
- Kiepe, P. 1992. Two low-cost methods for marking contour lines. *Agroforestry Today*, 4(1):14-15.
- Lobo B., M. *et al.* 1992. Legume green manures--dry season survival and the effect on succeeding maize crops. Bulletin no. 92-04, Soil Management CRSP, North Carolina State University, Raleigh.
- Muller-Samann, K., J.A. Castillo y M. Ruppenthal. s.f. Prácticas de conservación de suelos en sistemas de producción de yuca en laderas. Informe técnico, CIAT, Cali, Colombia.
- PASOLAC. s.f. Inventario de las técnicas de conservación de suelos y agua. CENACOP, Managua.

- Radulovich, R., R. Rodríguez y O. Moncada. 1994. Captación de agua de lluvia en el hogar rural. Serie Técnica, Informe Técnico no. 220, CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Sharma, P.N. 1990. Manual on soil conservation by agro-forestry methods for the uplands of the Maribios Mountains of Nicaragua. FAO (UN), Roma.
- Sharma, P.N. 1993a. Prevención y control de cárcavas a nivel de finca por medio de métodos vegetativos y estructurales temporales en Honduras tropical. Proyecto RENARM/Manejo de Cuencas, CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Sharma, P.N. 1993b. Uso apropiado de la tierra para una producción sostenida de acuerdo con la capacidad de la tierra en Honduras tropical. Proyecto RENARM/Manejo de Cuencas, CATIE, Turrialba.
- Young, A. 1989. Agroforestry for soil conservation. CAB International/ICRAF, Reino Unido.

Capítulo 3

AGROFORESTERIA PARA ZONAS DE LADERA CON SEQUIA ESTACIONAL

*Ricardo Radulovich, Roduel Rodríguez, Jorge Mercado, Carlos Heer,
Orlando Moncada, Ana M. Castillo y Claudia Velásquez*

En las circunstancias de la región semiseca y de ladera de Centroamérica, una opción lógica y asequible es fundamentar más la producción agrícola en el uso de especies perennes, mejor adaptadas a las condiciones de déficit hídrico. Un amplio número de árboles, arbustos y otros perennes y semi-perennes, por su desarrollo evolutivo, poseen una serie de adaptaciones morfológicas y fisiológicas que les permiten realizar su ciclo de vida en estas condiciones, sin grandes fluctuaciones inter-anales y, en caso de haberlas, con gran capacidad de recuperación. Entre estas adaptaciones, destacan la extracción profunda de agua del suelo y estratos de subsuelo, y respuestas a nivel de follaje que van desde defoliación estacional hasta adaptaciones que permiten al follaje mantenerse verde durante todo el período de sequía. De hecho, muchas de estas especies requieren de períodos secos para entrar en reproducción y presentan a menudo la ventaja de fructificar en períodos de generalizada baja productividad. Un ejemplo muy fácil de apreciar por su ubicuidad es el mango.

Estas características de un número de especies arbóreas y otras perennes:

- colaboran en estabilizar la producción ya que los rendimientos (follaje, madera, frutos, otros) son menos variables y pueden darse en épocas de carestía, y
- en el caso de mantener el follaje verde y transpirando durante la estación seca, contribuyen a disminuir el calor sensible y a aumentar la humedad del ambiente.

Esto último, más el uso de estrategias para disminuir la erosión, en las cuales las especies perennes pueden jugar un rol preponderante, actúa

contrario al proceso de aridificación y promueve la biodiversidad cuando se generaliza a nivel regional. Además, está la capacidad de una gama de especies perennes de producir grandes cantidades de biomasa utilizable para mejorar y proteger el suelo, y la capacidad de las leguminosas de fijar nitrógeno y de muchas especies de asociarse con micorrizas principalmente para extracción de fósforo.

Sin embargo, para que sean adoptadas, las prácticas agroforestales deben reportar beneficios fácilmente percibibles por el productor, los cuales deben calzar dentro de su esquema de priorizaciones. Esto, aunque no implica abandonar los objetivos de recuperación y conservación ambiental que la agroforestería reporta, significa que las prácticas a transferir deben estar primariamente fundamentadas en objetivos a corto y mediano plazo de productividad y rentabilidad (económica o de otro tipo) y secundariamente en los objetivos a más largo plazo. Esto permitirá la expansión de la agroforestería dentro de los esquemas productivos que conforman las pequeñas y medianas explotaciones agrosilvopecuarias de bajos recursos.

Un corolario de lo anterior es que cuando una práctica agroforestal atenta en contra de los requerimientos de producción al corto plazo, ya sea porque sus beneficios no se han integrado efectivamente al sistema, o sencillamente porque los árboles ocupan un área que el agricultor necesita para producir para comer y vender ese mismo año, la práctica agroforestal tendrá una baja aceptabilidad. Esto es más evidente en las plantaciones puras de árboles, como bosquetes. Lo mismo se aplica a aquellas prácticas que tienen altos requerimientos de mano de obra o, relativamente, de efectivo. Un pequeño productor de bajos recursos no puede disponer de su tierra, mano de obra u otros recursos a cambio de beneficios a largo plazo. Por esta razón, se reitera que los principios básicos que deben regular la transferencia agroforestal son los beneficios a corto/mediano plazo y minimizar la "usurpación" de área. Este tema será retomado en la Sección 3.4 en función de una priorización de las prácticas que se deben transferir.

Es posible a estas alturas cuestionarse también si la falta de adopción de las prácticas agroforestales, por parte de los pequeños productores de las regiones de ladera con marcada sequía estacional, tiene un origen en otro enfoque mal interpretado. Este es que algunas de las raíces más fuertes de la agroforestería están fundamentadas en lo que es la más sentida necesidad de los sistemas de producción de zonas húmedas y subhúmedas, con suelos altamente lixiviados, que es el nitrógeno. Por esta razón, se enfatizan

regularmente sistemas agroforestales cuya principal contribución es aportar este nutriente al suelo por medio de la incorporación del follaje. Esta situación, aunque nada despreciable en las regiones semisecas, no puede de ninguna manera tener prioridad sobre la más sentida necesidad, que es la carencia de agua. Aunque la agroforestería puede contribuir a resolver o aminorar esta carencia, lo hace generalmente de manera tangencial; más bien a menudo la situación es a la inversa y, cuando están asociados, los árboles compiten fuertemente por el agua con los cultivos. Esta línea de razonamiento, junto con los puntos anteriores y el enfoque integrado a la conservación de suelos y agua (capítulo anterior), a la alimentación de ganado (capítulo siguiente) y a los huertos caseros (capítulo último), debe constituirse en un elemento crucial de la transferencia agroforestal.

A continuación se definen en términos generales las diversas aplicaciones agroforestales y especies recomendables para las regiones de interés, las cuales están sujetas a priorización. Esto es seguido de una presentación de los beneficios derivables de la agroforestería y luego de la descripción y metodología de implementación de las prácticas agroforestales más recomendables en el contexto de los pequeños y medianos productores de laderas con sequía estacional de Centroamérica. Esta última parte se fundamenta ampliamente en la experiencia e información obtenida por el Proyecto Agrosilvopastoril.

3.1 Generalidades sobre aplicaciones agroforestales

Las aplicaciones agroforestales de mayor utilidad para estas regiones, según la experiencia ha indicado, de acuerdo a una clasificación espacial, son:

- árboles en hilera: principalmente cercas vivas y barreras vivas para conservación de suelos y agua y, secundariamente, otras aplicaciones, como bordes de caminos, separación de campos agrícolas, cortinas rompeviento y protección de cauces¹;

¹Los cultivos en callejones no son ya recomendados para regiones con sequía estacional, a menos que se controle la fuerte competencia por agua que ejerce el componente arbóreo. Esto podría lograrse por poda extensiva de los árboles con la entrada de la estación seca y por la poda de raíces (ver Yadav y Khanna, 1992). El asocio de árboles con otros cultivos perennes (por ej. para sombra y fijación de nitrógeno/biomasa para materia orgánica en café), no se incluye porque es más bien una práctica de regiones con menores grados de sequía estacional, a menudo con mejores suelos y con otra tipología de productores que la que se considera aquí.

- árboles en área en asocio con pastos o cultivos: sistemas silvopastoriles, árboles dispersos en campos agrícolas;
- árboles en área sin asocio con cultivos (o asocio temporal como taungya²): plantaciones de una o varias especies perennes o semi-perennes para diversos usos, principalmente bancos de proteína, bosquetes, barbecho mejorado, lotes de frutales y protección de fuentes de agua;
- árboles y arbustos en función de huertos caseros: considerando aquí el huerto casero no solo como el solar de una casa sino en términos funcionales, lo que puede significar su extensión esporádica en toda el área de una finca (ver Capítulo 5).

Las anteriores aplicaciones están siendo promovidas activamente en diversos grados en las regiones de interés, y deben ser vistas no solo individualmente sino también como una gama de posibilidades para implementarlas en combinaciones, según las características biofísicas y socioeconómicas de cada unidad agrícola y, consecuentemente, de conjuntos de éstas en planes de ordenamiento territorial.

Otra modalidad de clasificación de sistemas agroforestales ha sido brindada por Macklin (1990), que complementa la clasificación espacial recién utilizada: bordes de fincas (hileras o barreras, cercas vivas, cortinas rompeviento), árboles en campos de cultivos (hileras de árboles, árboles dispersos, sombra, árboles para soporte), árboles alrededor de la casa (huertos, sombra/ornamentales), sistemas temporales o lotes de madera (barbecho mejorado, rehabilitación de tierras, taungya, lotes de solo árboles) y árboles en sistemas pecuarios (bancos de forraje, sistemas silvopastoriles).

En el Cuadro 1 se citan algunos ejemplos de prácticas agroforestales que pueden encontrarse en la región de interés, ya sea porque los productores las practican tradicionalmente o porque han sido o están siendo introducidas por diversos proyectos.

²Como sistema taungya se entiende la siembra de cultivos anuales entre las hileras de árboles durante los 2-3 primeros años de establecimiento de la plantación forestal.

Cuadro 1 Ejemplos de prácticas agroforestales encontradas actualmente en la región semiseca de ladera en Centroamérica¹.

<p><u>Arboles en asocio con cultivos:</u></p> <ul style="list-style-type: none">- Arboles en cultivos, sin ordenamiento determinado: se utiliza frecuentemente quebracho, laurel, cedro, madreño, mango y otros frutales, cenízaro, guanacaste, carao y guácimo.- Barreras vivas para control de la erosión: frecuentemente se utilizan leucaena¹ y madreño, aunque también cedro, pochote, aceituno y otros, en conjunto con otras especies no arbóreas.
<p><u>Sistemas silvopastoriles:</u></p> <ul style="list-style-type: none">- Pastizal con árboles de diversas especies, incluyendo frutales (ej., mango).
<p><u>Arboles sin asocio con cultivos (o con asocio temporal):</u></p> <ul style="list-style-type: none">- Bancos de protefna con leguminosas de uso múltiple (leucaena, madreño);- Cercas vivas: madreño, jocote y varias otras especies;- Bosquetes para madera, postes y energéticos: frecuentemente se utilizan eucalipto (camaldulensis), teca y madreño, cada vez más frecuentemente con taungya sembrando maíz o frijol entre las hileras de árboles durante los tres primeros años;- Lotes de frutales, con estructuras para conservación de agua, como terrazas individuales y zanjas de infiltración.
<p><u>Huertos caseros:</u></p> <ul style="list-style-type: none">- Varias especies perennes y semi-perennes en el solar (ej., mango, cítricos, marañón, plátano) con huerto de hortalizas y otros cultivos como amaranto, soya y gandul.

¹ Para nombres comunes y científicos ver los siguientes cuadros.

¹ La leucaena está siendo desenfanzada para este y algunos otros usos.

3.2 Principales especies

Varias de las principales especies arbóreas que se utilizan o se han identificado como adecuadas para las regiones con sequía estacional de Centroamérica se enlistan en el Cuadro 2 (especies de uso múltiple principalmente para madera, postes, leña y potencialmente otros usos).

Cuadro 2 Especies arbóreas de uso corriente para madera, postes y/o leña en las regiones semisecas de Centroamérica (sin descontar otros posibles usos como forraje, sombra para ganado, cercas vivas)--lista no exhaustiva .

Nombre común (nombre científico)
Aceituno (<i>Simarouba amara</i>) ^{1b}
Aripín, chaperno blanco, brasilito (<i>Caesalpinia velutina</i>) ^{1,2}
Camaldulensis, eucalipto (<i>Eucalyptus camaldulensis</i>) ¹
Caoba (<i>Swietenia macrophylla</i>)
Carao (<i>Cassia grandis</i>) ²
Casia (<i>Cassia siamea</i>) ²
Casuarina (<i>Casuarina equisetifolia</i>) ^{1,2b}
Cedro, cedro real (<i>Cedrela odorata</i>)
Cocobolo (<i>Dalgerbia retusa</i>) ²
Genízaro, cenízaro (<i>Samanea saman</i>) ²
Guácimo, caulote (<i>Guazuma ulmifolia</i>) ¹
Guanacaste, conacaste (<i>Enterolobium cyclocarpum</i>) ²
Guapinol, copinol (<i>Hymenaea courbaril</i>)
Guayacán (<i>Caesalpinia paraguariensis</i>) ²
Inga, guaba (<i>Inga</i> spp.) ²
Jiote, jiñocuabe (<i>Bursera simaruba</i>)
Laurel (<i>Cordia alliodora</i>) ^{1b}
Leucaena (<i>Leucaena leucocephala</i>) ^{1,2}
Madreado, madrecacao, madero negro (<i>Gliricidia sepium</i>) ^{1,2}
Matilisquate, roble sabana (<i>Tabebuia rosea</i>)
Melina (<i>Gmelina arborea</i>) ¹
Mesquite (<i>Prosopis juliflora</i>) ²
Nim (<i>Azadirachta indica</i>) ^{1b}
Pino caribe, ocote (<i>Pinus caribaea</i>) ¹
Pochote, cedro espino, ceiba (<i>Bombacopsis quinatum</i>) ¹
Quebracho (<i>Lysiloma seemanni</i>)
Roble (<i>Quercus</i> spp.)
Saligna, eucalipto (<i>Eucalyptus saligna</i>) ¹
Tatascán (<i>Perymenium grande</i>)
Teca (<i>Tectona grandis</i>) ¹

* El procedimiento seguido para obtener esta lista de especies fue revisar diversas fuentes de literatura, extrayendo nombres de especies utilizadas en la región semiseca de Centroamérica principalmente para los fines indicados.

¹El CATIE (Proyecto MADELEÑA) ha producido guías silviculturales para estas especies, que son fomentadas por su rápido crecimiento y otras características favorables, además del hecho que existe suficiente información sobre su crecimiento. ^{1b}Especies sobre las cuales se están preparando guías silviculturales (las guías se pueden obtener de: INFORAT, CATIE 7170, Costa Rica).

²Leguminosa (^{2b}fijadora de nitrógeno no-leguminosa): a menudo son utilizadas también para forraje y usos varios en conservación y mejoramiento de suelos.

Debe notarse, para los Cuadros 2 a 5, que no todas las especies enlistadas se adaptan o rinden por igual en las condiciones más severas de déficit hídrico del istmo Centroamericano; incluso, en algunos casos (sobre todo frutales), es necesario establecer prácticas de conservación y captación de agua de lluvia (Sección 2.4) o regar cada árbol durante la etapa de establecimiento. No existe, sin embargo, un conocimiento específico sobre rangos de adaptaciones al déficit hídrico del mayor número de estas especies.

En el Cuadro 3 se citan las especies utilizadas o reconocidas como útiles para forraje y otros usos. En el Cuadro 4 se citan las especies frutales o que brindan otros productos para directo consumo humano.

Cuadro 3 Árboles conocidos por sus aptitudes forrajeras en zonas semisecas de Centroamérica (sin descontar aptitudes para otros usos como leña, sombra para ganado, cercas vivas) ^a.

Nombre común (nombre científico)
Aromo, espino blanco (<i>Acacia farnesiana</i>) ^{1,2}
Carbón, Comayagua (<i>Acacia pennatula</i>) ^{1,2}
Casia (<i>Cassia grandis</i>) ¹
Casuarina (<i>Casuarina equisetifolia</i>) ^{1b}
Cenízaro (<i>Samanea saman</i> o <i>Albizia saman</i>) ^{1,2,3}
Chagüay, espino, michigüiste (<i>Pithecolobium dulce</i>) ¹
Clavelón (<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>)
Frijolillo (<i>Leucaena salvadorensis</i> y <i>shannonii</i>) ¹
Guácimo, caulote, tapaculo (<i>Guazuma ulmifolia</i>) ²
Guanacaste, conacaste (<i>Enterolobium cyclocarpum</i>) ^{1,2,3}
Jícara, morro (<i>Crescentia alata</i>) ^{2,3}
Jocote, ciruela (<i>Spondias purpurea</i>) ²
Leucaena (<i>Leucaena leucocephala</i>) ^{1,2}
Madreado (<i>Gliciridia sepium</i>) ^{1,2}
Mesquite, agüijote (<i>Prosopis juliflora</i>) ^{1,3}
Nacascolo (<i>Cesalpinia coriaria</i>) ^{1,2}
Palo verde, palo de rayo (<i>Parkinsonia aculeata</i>) ¹
Ponsigüé (<i>Ziziphus mauritania</i>)
Quebracho (<i>Lysiloma seemannii</i>) ²
Sauco amarillo y sauco negro (<i>Sambucus canadensis</i> y <i>mexicanus</i>)
Tigüilote (<i>Cordia dentata</i>) ²
Tora blanca y tora morada (<i>Verbesina</i> spp.)
Upay (<i>Cordia alba</i>) ²

^a Parte sustancial de esta información proviene de trabajos presentados en el 1er. Seminario Centroamericano de Agroforestería y Rumiantes Menores, 16-18 de noviembre, 1992, Esquipulas, Chiquimula, Guatemala, y de NAS (1979), Conklin *et al.* (1991) y Durr (1992).

¹ Leguminosa, a menudo también empleada en cercas vivas y otros usos. ^{1b}Fijadora de nitrógeno no-leguminosa.

² Citados como especies usadas en la alimentación animal por productores de la región semiseca de Centroamérica.

³ Los frutos o vainas son particularmente importantes en esta especie.

Cuadro 4 Árboles, arbustos y otras perennes/semi-perennes comúnmente utilizados para producción de alimento para humanos en zonas semisecas de Centroamérica.

Nombre común (nombre científico)
Aguacate (<i>Persea americana</i>) ²
Anona (<i>Annona cherimolia</i>) ²
Cítricos, naranja, limón (<i>Citrus</i> spp.) ²
Coco (<i>Cocos limeta</i>)
Gandul (<i>Cajanus cajan</i>) ¹
Guanábana (<i>Annona muricata</i>) ²
Guayaba (<i>Psidium guajava</i>)
Guineo, plátano (<i>Musa</i> cvs.) ^{2,3}
Inga, guaba (<i>Inga</i> spp.) ¹
Jocote, ciruela (<i>Spondias purpurea</i>)
Mamey (<i>Mammea americana</i>)
Mango (<i>Mangifera indica</i>)
Marañón (<i>Anacardium occidentale</i>)
Nance (<i>Birsonima crassifolia</i>)
Níspero (<i>Eriobotria japonica</i>)
Papaya (<i>Carica papaya</i>) ²
Pitaya (<i>Cereus triangularis</i>)
Tamarindo (<i>Tamarindus indica</i>) ¹
Tuna (<i>Opuntia</i> spp.)
Yuca, casava (<i>Manihot esculenta</i>)
Zapote (<i>Calocarpum sapota</i>)

¹ Leguminosa.

² Requiere de cuidados especiales para enfrentar periodos prolongados de déficit hídrico en suelos pobres, particularmente durante los primeros años. Esto implica la necesidad de implementar estrategias de captación de aguas (por ej. microterrazas, zanjas de ladera), riego y/o poda al entrar la estación seca.

³ Existen cultivares mejor adaptados a condiciones de sequía estacional.

Debe notarse que la mayoría de las especies en el Cuadro 4 tienen otros usos o beneficios aparte del directo consumo comestible por humanos. Varias de estas especies ofrecen limitados usos para leña y forraje, y algunas sirven para barreras vivas o cortinas rompevientos. Algunas tienen usos bastante particulares, como la fibra de las hojas del coco, la fibra para papel de los plátanos, la papaina de la papaya y la madera para artesanía del tamarindo. Existe además una gama de otros usos (particularmente en la industria química) para los productos de estas especies y muchas otras.

En el Cuadro 5 se enlistan las especies que son usadas para leña, según fueron citadas por los productores mismos. Destaca lo escueto de la lista visto el gran número de especies existentes, y que varias de las especies citadas no son las óptimas para leña. De lo anterior se deriva la necesidad de promover un mejor uso de los recursos y de proveer de educación al respecto a los productores.

Cuadro 5 Árboles o arbustos utilizados para obtener leña, según reportaron los productores entrevistados por el Proyecto Agrosilvopastoril del CATIE en 1992. Ver NAS/CATIE (1984) y Salazar (1985) como referencias técnicas sobre el tema.

Nombre común (nombre científico) ^a
Aceituno (<i>Simarouba glauca</i>)
Café (<i>Coffea arabica</i>)
Carbón (<i>Mimosa tenuifolia</i>)
Chaperno (<i>Lonchocarpus guatemalensis</i>)
Espino blanco (<i>Acacia farnesiana</i>)
Espino negro (<i>Pisonia aculeata</i>)
Guácimo (<i>Guazuma ulmifolia</i>)
Guaje (<i>Crescentia cujete</i>)
Guanacaste (<i>Enterolobium cyclocarpum</i>)
Guapinol (<i>Hymenae courbaril</i>)
Guayaba (<i>Psidium guajava</i>)
Jocote (<i>Spondia purpurea</i>)
Laurel (<i>Cordia alliodora</i>)
Leucaena (<i>Leucaena</i> spp.)
Madreado (<i>Gliricidia sepium</i>)
Nance (<i>Byrsonima crassifolia</i>)
Pino caribe (<i>Pinus caribaea</i>)
Quebracho (<i>Lyciloma seemannii</i>)
Roble (<i>Quercus</i> spp.)
San Andrés (<i>Tecoma stans</i>)
Tempisque (<i>Mastichodredon capiri</i>)
Tigüilote (<i>Cordia dentata</i>)

^a Ver cuadros anteriores para otros nombres comunes y otras aplicaciones.

Además de ser necesario fortalecer la información existente sobre la mayoría de las especies presentadas, las listas podrían, y deberían, ser extendidas sistemáticamente para cada región en la medida que especies nativas poco conocidas y otras exóticas son validadas y difundidas. En NAS/CATIE (1984) se encuentra una lista de especies adaptadas a regiones áridas y semiáridas del mundo, entre las que destacan los géneros *Acacia* y *Prosopis*.

3.3 Beneficios y aplicaciones de la agroforestería

La gama de oportunidades que la agroforestería ofrece permite obtener los siguientes beneficios³:

A nivel de finca

Productos para autoconsumo y mercadeo:

- *alimento humano*: frutas, nueces, hojas, sustitutos de granos básicos⁴, aceites comestibles, mieles, bebidas, otros productos comestibles (por ej., bebidas alcohólicas);
- *alimento para animales*: forraje (ramoneo y corta) y frutos, principalmente para ganado bovino, caprino y porcino, aunque existen otras aplicaciones como apicultura y acuaforestería;
- *madera y fibra*:
 - i) energía (leña, carbón, alcoholes, otros compuestos orgánicos combustibles como aceites, látex, resina, gas);
 - ii) postes, madera, tablilla de palmas;
 - iii) uso de fibra de troncos y hojas en papel, tejidos y construcción;
 - iv) uso de madera y troncos, ramas, e inclusive frutos, en artesanías y otra manufactura;
- *otros productos*: usos medicinales, aceites esenciales, colorantes, taninas, gomas, látex, ceras, alcohol, otros químicos (por ej., pesticidas).

Para mejoramiento de la finca (servicios):

- *mejoramiento de suelos*:
 - i) usos en conservación de suelos;
 - ii) mejoramiento de fertilidad: fijación de nitrógeno, interacción con micorrizas, extracción profunda de nutrientes, aumentos en materia orgánica (que también aumenta la capacidad de intercambio catiónico de los suelos y mejora sus características físicas);

³Para otras presentaciones sobre el tema ver Rocheleau y Raintree, 1987; Chambers y Leach, 1990; Raintree, 1991.

⁴Por ejemplo, ver los esfuerzos sobre el uso de acacias de climas semiárido y semiseco para sustituir parcialmente el frijol, que se desarrolla principalmente en Australia (House y Harwood, 1992).

- *mejoramiento de aspectos hidrológicos*: protección de fuentes de agua y cauces, extracción profunda de agua del suelo, incorporación de materia orgánica que mejora la capacidad de retención de agua y penetrabilidad, mantenimiento de capacidad de infiltración por estructura de macroporos y poca compactación, intercepción de precipitación por el follaje con menor impacto sobre el suelo, mayor humedad ambiental;
- *mejoramiento de microclima*: sombra para humanos, ganado, otros animales y plantas, rompevientos (incluyendo el uso de árboles para concentrar la energía eólica utilizando arreglos que crean efectos de concentración del viento);
- *división territorial*: función de barreras (cercas vivas), separación entre fincas, lotes, cultivos;
- *biodiversidad*: nicho para animales y plantas a nivel de finca (como iguanas, plantas medicinales y ornamentales).

Otros:

- *percepción de estabilidad económica*: en la medida que los árboles crecen y van acercándose a dar los beneficios esperados, así aumenta la confianza del productor y su percepción de estabilidad;
- *valores estéticos y culturales*: adorno de la propiedad, usos sociales, estatus;
- *facilidad de manejo por mujeres*, sobre todo en función de huertos caseros y frutales.

A nivel regional

El establecimiento de especies perennes, que mantienen follaje verde y transpirando durante la estación seca, puede producir efectos positivos a nivel de escala, percibibles en proporción al grado de cobertura espacial. Estos efectos se darán principalmente en:

- *clima*: disminución del calor sensible por conversión de la energía solar a calor latente de vaporización, aumento de la humedad ambiental por transpiración y menor temperatura, efectos en el albedo y captura de CO₂ (que tienen relevancia a nivel de calentamiento planetario);
- *ciclo hidrológico*: protección de cauces, mayor estabilidad en flujos de agua superficial y sub-superficial por mantención de tasas de infiltración, menor presencia de suelo (sedimentos) en cauces de agua y embalses, mayor flujo

- de aguas en estación seca por mantenimiento de nacientes y otros cauces, (por probarse: efectos en la precipitación);
- **biodiversidad**: mejor ambiente para preservación de la biodiversidad animal y vegetal;
 - **diversificación económica**: una mayor gama de productos disponibles de manera sostenible fomentarán no solo aspectos de mercadeo sino también de procesamiento y manufactura;
 - **estabilidad social**: aumentos sostenibles y más estables en nivel de rendimientos contribuirán a fomentar equilibrio social a nivel local y nacional.

A pesar de la amplia gama de posibilidades y beneficios que la agroforestería ofrece, y aparte de los sistemas agroforestales autóctonos, que aún no han sido propiamente caracterizados, las aplicaciones agroforestales que se implementan actualmente son bastante limitadas. Según se destaca en el Cuadro 1, básicamente a nivel de finca y aparte del barbecho natural, se encuentra el uso de frutales para comida humana (principalmente huertos caseros) y árboles esparcidos o como bosquetes energéticos (leña y carbón) y maderables (postes y madera). En la actualidad, un alto número de proyectos y programas se encuentran promoviendo el uso de árboles fijadores de nitrógeno (principalmente leucaena y madreño) para forraje y leña, cercas vivas (madreño), siembras a contorno para conservación de suelos y como bancos de proteína. También se promueve el uso del sistema taungya y la protección de fuentes y cauces de agua.

En gran medida, muchos de los esfuerzos que se realizan están orientados a la conservación de suelos, considerando en segunda instancia la productividad y aspectos económicos esenciales para que un productor implemente alternativas agroforestales en su propiedad.

Otra situación de urgencia en la región es la acelerada depredación para leña de los pocos bosques remanentes y charrales, lo cual sería totalmente innecesario si los productores establecieran un adecuado número de árboles en sus fincas, para lo cual cada una de las prácticas agroforestales puede contribuir sin tener que llegar el agricultor a disponer de áreas específicas para bosquetes energéticos a costilla de la capacidad productiva de alimentos y otros productos de esa tierra. Por ejemplo, y utilizando datos de consumo de leña reportados en CATIE (1994), que en promedio son de 3,5 t/familia/año con una estufa mejorada, se tiene que 500 m de cerca viva con madreño, bien manejada, rinde esa cantidad de leña o más (Otárola y Torres, 1994). De esta forma, el problema de la leña no pareciera ser tan difícil de resolver.

Estas y otras oportunidades y limitantes son enfocadas a continuación, en un análisis que incorpora las prácticas más recomendables para explorar y promover en la actualidad y en el futuro a corto y mediano plazo.

3.4 Prácticas agroforestales para la región semiseca de laderas

Con fundamento en los principios esbozados al inicio de este capítulo, se presentan a continuación las diversas prácticas agroforestales más recomendables, indicando para cada una de ellas la relevancia que puede tener dentro de los sistemas de producción de interés. Los criterios para esta selección y priorización han sido: lograr beneficios tangibles a corto y mediano plazo por sobre aquellos a largo plazo; minimizar la ocupación de área por árboles cuando ésta es necesitada por los productores para otros fines; y considerar la problemática del agua además del aporte de nitrógeno.

En términos generales, esto se traduce en que, en muchas instancias, se preferirán algunas prácticas que utilizan árboles de crecimiento rápido en hileras (cercas vivas, barreras vivas) o esparcidos dentro de campos agrícolas o pastizales minimizando la competencia con cultivos y pastos, por sobre aquellas prácticas que requieren ocupar un terreno con solo árboles (bancos de proteínas, bosquetes), particularmente cuando los beneficios son percibibles solo a mediano y largo plazo. De lo anterior se exceptúan los barbechos mejorados, pues implican nada más una mejoría de bajo costo y gran beneficio de una práctica tradicional de los productores. Tampoco se debe entender que las prácticas de árboles solos ocupando un área dada deben descontinuarse; deben, eso sí, ser introducidas en función de las limitaciones existentes, lo cual requerirá implementar sistemas taungya y, en muchos casos, significará pequeña escala, al menos en los primeros años de introducción.

De lo anterior se deduce otro principio que regula la transferencia de prácticas agroforestales, y es que además del tiempo que toma en algunos casos obtener los beneficios (lo cual debe ser incluido en la capacitación), toma también tiempo en que los productores incorporen cambios radicales en su forma de producir. Combinando estos dos factores, particularmente válidos para tecnologías agroforestales, no pueden esperarse transformaciones radicales del entorno en pocos años.

Arboles en hilera

3.4.1 Cercas vivas

Es el uso de árboles vivos en vez de postes en las cercas con alambre de púas que delimitan terrenos o propiedades. (Las cercas vivas, aparte de la utilidad en demarcación de propiedades y protección de terrenos, presentan varias ventajas: los árboles vivos tienen una vida útil mucho más larga que los postes ~~sin vida~~; el costo inicial de los estacones vivos es bastante menor que los postes ^{mejoran el microclima y el paisaje} y los árboles contribuyen a reverdecer el ambiente y a mejorar el clima (por ej., funcionan parcialmente como cortinas rompeviento, dan algo de sombra); en laderas funcionan parcialmente como barreras vivas; y, los árboles de la cerca viva pueden y deben proporcionar una serie de beneficios productivos, entre los que destaca el follaje de alta calidad para el ganado, leña para consumo en el hogar y, en algunos casos, frutas. Estos últimos beneficios son rápidamente percibibles por el productor, quien normalmente no encuentra invasivo de sus terrenos el que los árboles se planten como cercas, prácticamente fuera de cada unidad de producción que él maneja.

La cerca viva es una práctica agroforestal que debiera ser muy fácil de transferir, pero no lo ha sido en parte por un problema muy elemental, que es el muy bajo porcentaje de prendimiento de los estacones--el método de establecimiento por excelencia. Algunos autores también indican que el requerimiento de mano de obra para podar la cerca es una desventaja; sin embargo, y aunque deba hacerse metódicamente, por las podas se obtiene el follaje y la leña, que es en sí la cosecha de un beneficio--esto es particularmente relevante en el caso de pequeños productores.

En vista de los problemas que han existido con el prendimiento de los estacones, los cuales retrasaron los esfuerzos del Proyecto Agrosilvopastoril para validar esta tecnología, algunos técnicos e investigadores han recurrido al uso de plántulas o semillas. Sin embargo, esto puede ser contraproducente para la tecnología porque extiende el tiempo requerido para obtener los beneficios, además de que se corre el riesgo de que algún animal o plaga consuma las plántulas antes de que alcancen un tamaño adecuado.

El problema de la baja supervivencia (o prendimiento) de los estacones (o prendones) ha sido resuelto mediante una conjunción de esfuerzos, de una gama de entidades y proyectos en la región, incluyendo las experiencias del Proyecto Agrosilvopastoril. Sumarizando estas experiencias, que incluyen los

trabajos de Jolin y Torquebiau (1992), Budowski y Russo (1993) y Otárola y Torres (1994), se tiene, en general, que para lograr un alto porcentaje de prendimiento de estacones:

- los estacones deben ser cortados al final de la estación seca (de previo a que aparezcan las yemas del nuevo crecimiento vegetativo), unas dos o tres semanas antes de sembrarlos, de un largo de 2,0 a 2,5 m, de un diámetro en la base entre 5 y 8 cm y un diámetro en la punta de 3 a 5 cm, para lo cual es necesario contar con árboles bien establecidos que hayan producido este tipo de ramas (chupones) que tienen entre 18 y 24 meses de crecimiento (existe una recomendación de los productores de que se corten los estacones en la fase lunar menguante, no en luna nueva ni creciente);
- el estacón debe ser recto y estar bien formado y libre de defectos, el corte de separación del tronco debe ser lo más limpio posible, también los cortes de limpieza del estacón, para removerle las ramas y follaje que tenga, deben ser limpios de manera que no dejen desgarramientos de la corteza;
- el manejo del estacón una vez cortado es crucial, deben evitarse golpes y magulladuras, se recomienda dejarlos recortados a la sombra por una semana para favorecer la cicatrización y luego en posición vertical por una o dos semanas para que se acumulen en la base algunos elementos nutritivos que favorecerán el enraizamiento;
- durante el transporte deben mantenerse los mismos cuidados indicados arriba, evitando golpes, desgarramientos y magulladuras, lo cual redundará en un alto porcentaje de prendimiento;
- la siembra se efectúa aún antes de que empiecen las lluvias (en general, no es recomendable ni cortar los estacones ni sembrarlos durante las lluvias), en hoyos de 30-50 cm de profundidad, a un espaciamiento que variará de 1 a 2 m entre árbol y, a los 30-60 días, ya habiendo comenzado las lluvias, se sabrá si han prendido o no, lo cual indicará la necesidad de replantar, que bien puede tener que hacerse el año siguiente pues los trasplantes realizados en plena estación de lluvias tienden a presentar problemas de prendimiento. Jolin y Torquebiau (1992) indican que los procedimientos anteriores toman aproximadamente 30 minutos por estacón trasplantado. Este dato es importante ya que la siembra de estacones, al realizarse justo antes del inicio de las lluvias, compite con otras actividades.

No es recomendable que se clave la cerca a los estacones durante los primeros 6-12 meses. Esto permite a los estacones afianzarse en su crecimiento. Por mientras sucede esto, lo más recomendable es utilizar algunos postes temporales en los cuales se pega el alambre. En todo caso, deben tenerse cuidados de que las púas del alambre no dañen los estacones. También, para evitar que el alambre se empotre en el estacón, la grapa puede dejarse sin enterrar totalmente; existen otras alternativas al respecto (Budowski y Russo, 1993).

El deshije, que consiste en cortar los brotes que salen en las partes baja y media de los estacones, es fundamental para fomentar el crecimiento adecuado, que consiste en permitir solamente los brotes superiores, con lo cual el follaje queda fuera del alcance del ganado (ver Figura 1 para la forma en que se debe podar y mantener una cerca viva). Otro aspecto relacionado con el ganado, es que deben extremarse cuidados durante los primeros meses para evitar que los animales dañen los estacones al ramonear los brotes inferiores.

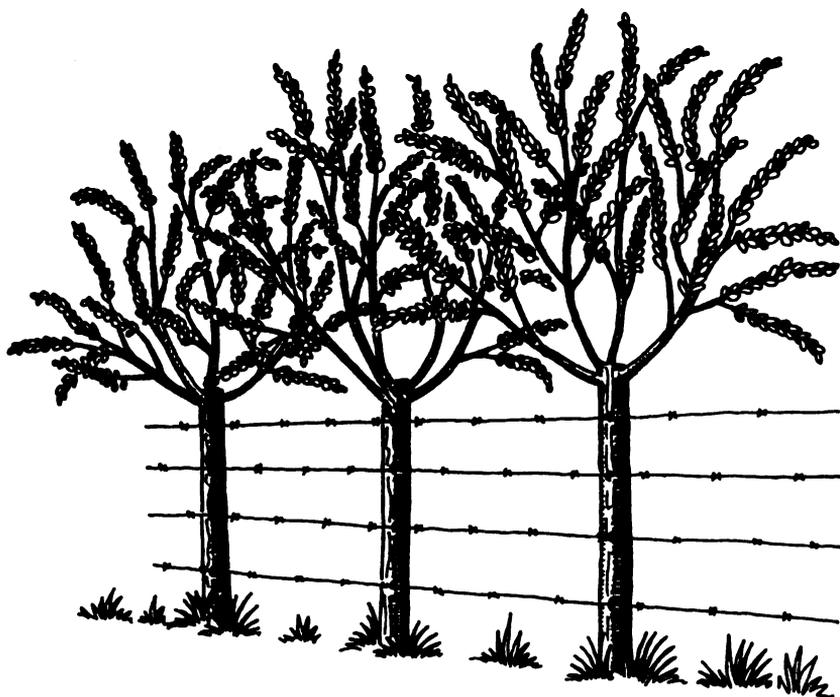


Figura 1 Cerca viva mostrando el crecimiento de ramas solamente en la parte superior, fuera del alcance del ganado.

La poda se puede realizar cada 12 meses o más frecuentemente, cuando la necesidad de forraje y/o leña sea mayor, según la conveniencia del productor. Los cortes de poda deben ser también limpios y no muy cerca del tronco para evitar rajaduras. Según Otárola y Torres (1994), las cercas vivas de madreaje producidas de esta manera, al año dan 3 t de forraje y 7 t de leña por km, llegando a 10 y 20, respectivamente, a los 6 años, pudiendo aumentar incluso un poco más después. A los cinco años de edad una cerca viva puede brindar de mil o más estacones por km, año por medio.

Las especies que se utilizan para cercas vivas deben ser de fácil prendimiento y manejo y además deben brindar varios beneficios adicionales a los de un buen funcionamiento como cerca viva. El madreaje brinda buena leña y follaje rico en proteína que dura verde una buena parte de la estación seca. El jocote es excelente para cercas vivas y brinda frutos que pueden comercializarse frescos o procesados. También puede utilizarse con estas técnicas el pochote, la teca, el eucalipto, el jiote y el matilisguate. En todo caso, el consejo básico es que una cerca viva se constituya utilizando una sola especie, lo cual facilita grandemente su manejo. Cuando las cercas están bajo cables eléctricos, no pueden utilizarse especies que crecerán muy altas (como el eucalipto). Jolin y Torquebiau (1992) y Budowski y Russo (1993) brindan listas de especies utilizables para cercas vivas. Posteriormente, en el Cuadro 7 se da una lista de especies que se reproducen bien por estacones.

En el proceso que conllevó posteriormente a establecer estas recomendaciones, los coejecutores del Proyecto Agrosilvopastoril establecieron cercas vivas con longitudes variando de los 100 a los 800 m por finca. Se sembraron estacas con promedios de 6 a 8 cm de diámetro y 1,6 a 2 m de altura a un espaciamiento de 2 m. En el Cuadro 6 se muestran las especies más utilizadas por país y datos de prendimiento, los cuales, fluctuando alrededor del 50%, son los típicos bajos prendimientos que se obtienen cuando las recomendaciones indicadas arriba no son seguidas al pie de la letra (este tipo de resultado conllevó a determinar la necesidad de tratar con más cuidado los estacones y no sembrarlos ya entradas las lluvias). Al aplicar las recomendaciones indicadas arriba se eleva considerablemente el porcentaje de prendimiento. En el Cuadro 6 se aprecia también el relativamente alto prendimiento del matilisguate; esto indica que puede ser de mucha utilidad identificar claramente aquellas especies de más fácil prendimiento, que no requieran de tanto cuidado ni de siembra antes de la entrada de las lluvias (disminuyendo así la competencia de esta actividad con otras tradicionales en ese período).

Cuadro 6 Datos del establecimiento de cercas vivas en cuatro países.

País	Nombre común (Nombre científico)	# estacas (total)	Longitud total (m)	Distancia entre estacas (m)	% Prendimiento a	
					90 días	180 días
Guatemala	Madreado (<i>Gliricidia sepium</i>)	545	1190	2,2	49,0	s.d.
	Matilisguate (<i>Tabebuia rosea</i>)	513	950	1,9	80,0	s.d.
El Salvador	Eucalipto (<i>Eucalyptus camaldulensis</i>)	952	2104	2,2	60,3	50,6
Honduras	Tigüilote (<i>Cordia dentata</i>)	616	1200	1,9	53,0	52,0
	Madreado (<i>Gliricidia sepium</i>)	797	1400	1,8	56,5	53,3
Nicaragua ¹	Madero negro (<i>Gliricidia sepium</i>)	569	1556	2,7	55,4	s.d.

¹País que más variedad de especies utilizó en el establecimiento de cercas vivas. Además del madreado sembraron jicote (*Bursera simaruba*), jocote (*Spondias purpurea*) y otras.

La especie preferida fue el madreado, lo cual no sorprende pues es una de las especies más versátiles en la región semiseca, y entre las características que la clasifican como especie apta para conformar cercas vivas están: el rápido crecimiento, la alta capacidad de rebrote, reproducción por estacas y cierta resistencia al fuego (CATIE, 1991b). Otárola y Torres (1994) describen ampliamente el uso del madreado (*Gliricidia sepium*) en cercas vivas.

3.4.2 Barreras vivas

En el capítulo de conservación de suelos y agua (Sección 2.3.6) se presenta en mayor detalle el uso de barreras vivas. Este se resume en la necesidad de combinar las especies perennes con herbáceas anuales y/o lomillos para lograr efectividad desde el primer año; las perennes dan durabilidad a través del tiempo a la barrera viva. Dos aspectos importantes en el establecimiento de barreras vivas con perennes son que lo ideal es reducir el costo de implementación sembrando las perennes directamente por semilla⁵

⁵Tratada, cuando es necesario. Por ej., la germinación de la semilla de leucaena, arripín y varias acacias se favorece por inmersión en agua de muy caliente a hirviendo (90-100 °C) por 1-3 minutos; la semilla de casia requiere inmersión en agua caliente (50 °C) por 3 minutos; la semilla de madreado no requiere tratamiento. Para la mayoría de las especies es además recomendable remojar las semillas en agua a temperatura ambiente durante 24-48 horas antes de sembrarlas, lo cual aumenta y acelera la germinación. En el caso del jocote, como las semillas tienden a ser estériles, la reproducción es por estacas.

(por ej., madreño, leucaena y aripín) y que se debe disminuir la competencia por el agua entre los árboles y los cultivos (ver Sección 2.3.6). En la Figura 2 se muestra la vista lateral de una combinación de barrera viva con otras estructuras de conservación de suelos y agua.

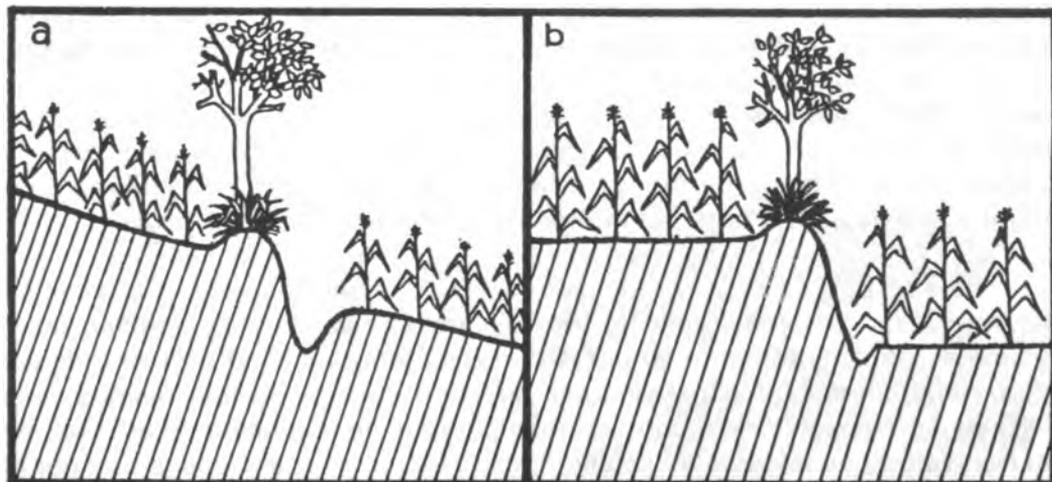


Figura 2 Vista lateral de barreras vivas combinando árboles con herbáceas: a) muestra una barrera viva reforzando una zanja de ladera y b) muestra una barrera viva reforzando los bordes de terrazas. En ambos lados las barreras vivas van sobre lomillos para mayor efectividad (ver Sección 2.3.6). Nótese la poda preferencial de los árboles para disminuir la sombra directamente encima de las hileras de cultivos.

Sobre el uso de perennes en barreras vivas, Young (1989) indica que aunque la leucaena es frecuentemente usada para control de la erosión en barreras vivas, resulta preferible según las características de la lluvia utilizar especies de más baja tasa de defoliación, como madreño (*Gliricidia sepium*) y casia (*Cassia siamea*). Además, la leucaena está siendo menos enfatizada en Centroamérica debido a problemas de plagas y enfermedades. También pueden utilizarse otras especies de crecimiento rápido y fácil manejo, preferible pero no necesariamente leguminosas.

3.4.3 Cortinas rompeviento

Las cortinas rompeviento son hileras de árboles y/o arbustos sembrados de manera que reducen la velocidad del viento, reduciendo el daño mecánico de éste en los cultivos, la erosión eólica, y la evapotranspiración. En las regiones semisecas son particularmente importantes para propiciar microambientes menos ventosos, menos calientes y más húmedos, lo que favorece el crecimiento y rendimiento de los cultivos. En el contexto de rentabilidad, además de una adecuada selección de especies, el establecimiento de cortinas rompeviento es más recomendable para la protección de cultivos de mayor valor de mercado (por ej., hortalizas bajo riego). Otro uso importante es la protección de las casas y el solar.

La cortina rompeviento debe ser establecida con orientación perpendicular a la dirección de los vientos predominantes en la estación seca, y debe ser suficientemente larga (100 m o más), alta (10 m o más) y densa (pero semipermeable) para asegurar un buen control de los mismos. Las cortinas están usualmente conformadas por más de una hilera de árboles, en un arreglo en que además de la hilera de árboles altos y frondosos hay por lo menos otra hilera de árboles o arbustos bajos que impiden el paso del viento por entre los troncos de los árboles altos. Para esto, es importante que las especies escogidas defolien lo menos posible durante la estación seca.

Otra característica fundamental de la cortina es que la escogencia de las especies se haga en relación con su productividad, es decir, que la función de la misma no sea solamente disminuir la fuerza de los vientos sino que brinde además otros beneficios tales como forraje, leña, madera y frutos. La siembra y resiembra de las diferentes especies, así como la poda y otras cosechas, deben efectuarse programadamente para no dejar en momentos críticos a la cortina sin su funcionalidad. El productor debe ser capacitado respecto al manejo a mediano y largo plazo de las cortinas rompeviento desde el momento de establecerlas.

Los árboles en las cortinas tienen el siguiente arreglo, en caso de que se desee la mayor eficiencia: las hileras exteriores o auxiliares deben ser de especies de porte bajo (pueden ser arbustos), la hilera intermedia de una especie de porte mediano, y la hilera central de una especie de porte alto y crecimiento rápido, como se muestra en la Figura 3, en la cual se destaca que la cortina debe ser semipermeable al viento para no ocasionar turbulencia, que es un efecto contrario a lo que se desea. Esta disposición permitirá proteger

una distancia 10 o más veces la altura de la hilera más alta, que puede ser de 10 m cuando los árboles alcanzan su tamaño final. Así, una cortina rompeviento protegerá de vientos excesivos por lo menos una distancia de 100 m. Como ya se mencionó, la cortina puede ser de solamente dos hileras, en cuyo caso se combinan una especie alta y frondosa con una de mediana altura y frondosa (esta última enfrentando al viento), sembradas al tresbolillo, como serían solamente las dos hileras centrales de la Figura 3.

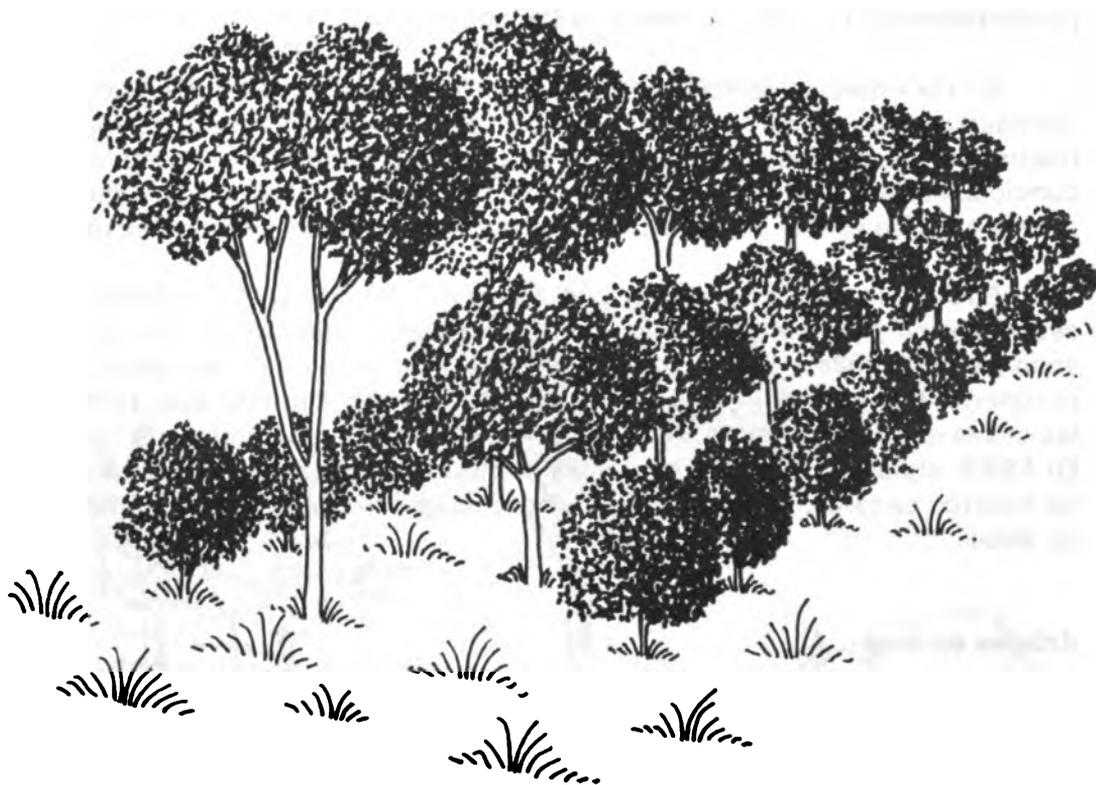


Figura 3 Cortina rompeviento de cuatro hileras. Una alternativa más corriente es hacerla de dos hileras, en cuyo caso se utilizan solamente las dos hileras del centro.

La distancia de plantación entre hileras y dentro de las hileras varía según las especies utilizadas y la velocidad de los vientos. Algunos distanciamientos usados son de 2 a 4 m entre hileras y de 3 a 5 m entre árboles en las hileras centrales y de 1 a 2 m entre éstas y las hileras

exteriores, en caso de que se utilicen. La disposición espacial más utilizada es el tresbolillo. Con esta información, se ve que una cortina rompeviento formada de cuatro hileras (enfrentando al viento: una de arbustos, otra de árboles de altura baja a mediana, otra de árboles altos y la última de arbustos) ocupará una franja de unos 12 m de ancho, lo cual enfatiza la necesidad de que las especies escogidas brinden también otros beneficios al corto, mediano y largo plazo. Entre las hileras pueden sembrarse cultivos durante los dos o tres primeros años (taungya). Las densidades más altas dentro de las hileras pueden permitir un raleo de postes a los pocos años.

De las especies usadas como cortinas rompeviento destacan: eucalipto (*camaldulensis*) y nim como la especie alta; marañón, cítricos, mango, madreño, casuarina, matiliguato, casia, acacia y otras que cumplan las condiciones indicadas arriba para la especie de porte intermedio; y gandul, yuca o caña de azúcar para la especie de porte bajo, en caso de que se utilice.

En Jutiapa, Guatemala, siete coejecutores del Proyecto Agrosilvopastoril establecieron cortinas rompeviento después de la siembra de los cultivos anuales (junio/julio), utilizando mezclas en dos hileras de eucalipto con casuarina. Estas fueron establecidas en 1991, principalmente para proteger las casas de los fuertes vientos, que a menudo llegan a levantar los techos. En 1993, algunos coejecutores ampliaron las cortinas para proteger también los huertos caseros, ya que habían comenzado a percatarse de los beneficios de éstas.

Arboles en área

3.4.4 Asociación de pastos con árboles (sistemas silvopastoriles)

Los sistemas silvopastoriles representan una alternativa superior al pastizal puro en las regiones con marcada sequía estacional, pues los árboles proporcionan, además de la sombra, una serie de beneficios entre los que se destaca el alimento de alto contenido proteico para el ganado, a menudo obtenible durante la estación seca cuando los pastos tradicionales se han secado. En las regiones semisecas de Centroamérica, es común encontrar árboles esparcidos en los potreros, pero éstos a menudo han crecido naturalmente y no brindan todos los beneficios que los sistemas silvopastoriles mejorados pueden reportar a la productividad y al ambiente (con árboles seleccionados y pastos mejorados).

En la sección de manejo y mejoramiento de pastizales del capítulo de alimentación de ganado bovino en la estación seca (Sección 4.4), se presenta y discute un ejemplo de asociación de pasto con un árbol de uso múltiple (madrecacao). En ese ejemplo, el pasto se sembró bajo los árboles que ya tenían varios años de establecidos. En el Cuadro 3 se citaron varias especies de aptitud forrajera, muchas de las cuales pueden ser utilizadas en sistemas silvopastoriles. En la Figura 4 se ilustra un sistema silvopastoril, que está rodeado además por una cerca viva que proporciona forraje para el ganado. Se reitera, sin embargo, que las especies arbóreas que se utilicen pueden tener otros fines además de la alimentación del ganado, como son leña, postes y madera, y frutas. De las especies maderables destacan cenízaro, guácimo y guanacaste.

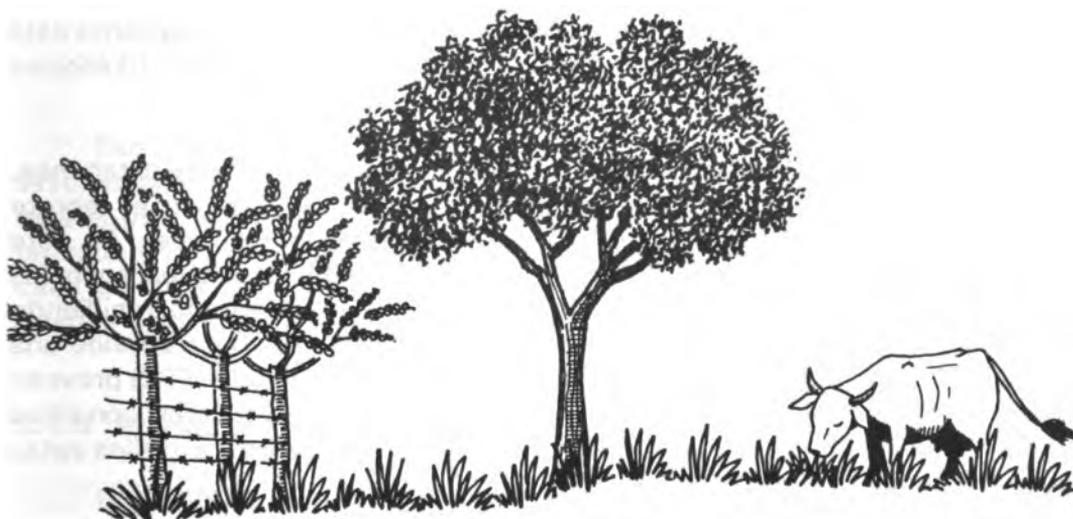


Figura 4 Un sistema silvopastoril consistente de un pastizal con árboles, rodeado de una cerca viva de árboles forrajeros.

El problema básico de los sistemas silvopastoriles es, evidentemente, el establecimiento de los árboles en un potrero que está abierto a los animales. Este problema puede ser solventado por una variedad de estrategias, entre las que destaca el sembrar los árboles en un campo de cultivos que posteriormente se convertirá en pastizal; o convertir un barbecho en pastizal, dejando los árboles que se desean (como se hizo en el ejemplo de la Sección 4.4). Debido a este problema de establecimiento, el Proyecto Agrosilvopastoril ha promovido un modelo que consiste en resembrar un pastizal con árboles y pasto andropogón, el cual se utiliza solamente para corte y semilla durante los primeros dos años, hasta que los árboles alcanzan suficiente desarrollo para permitir la entrada de animales. Los árboles son trasplantados al mismo tiempo que la siembra del pasto. Otra modalidad, promovida por el Proyecto Agrosilvopastoril en Guatemala, fue sembrar frutales (principalmente mango, menormente cítricos) en la milpa durante los primeros uno o dos años, convirtiendo luego el terreno a pastizal con andropogón, el cual no se pastoreó durante el primer año, dando así dos o tres años para el crecimiento de los árboles sin interferencia por los animales. Catorce coejecutores siguieron esta modalidad para un promedio de 0,47 ha (d.e. 0,36 ha), a razón de 110 árboles frutales/ha, lo cual significa 1 árbol/90 m².

Una alternativa intermedia es sembrar los árboles a partir de estacones, similar a como se indicó arriba para cercas vivas, permitiendo el rebrote solamente en la parte superior, fuera del alcance de los animales. En este último caso, permanece el problema del daño mecánico que los animales producen al rascarse contra el tronco, lo cual debe ser solventado impidiendo la entrada de los animales durante por lo menos el primer año o tolerando una pérdida de un porcentaje de los estacones. Jolin y Torquebiau (1992) proveen una lista de las especies que pueden ser reproducidas por estacones con otros fines que la cerca viva, de las cuales se enlistan en el Cuadro 7 aquellas aptas para las condiciones semisecas.

Cuadro 7 Especies de árboles reproducidos por estacones con observado buen crecimiento en las zonas semisecas (adaptado de Jolin y Torquebiau, 1992).

Especie
<i>Anacardium occidentale</i>
<i>Azadirachta indica</i>
<i>Bombacopsis quinata</i>
<i>Bursera simaruba</i>
<i>Cassia grandis</i>
<i>Crescentia alata</i>
<i>Erythrina</i> spp.
<i>Eucalyptus</i> sp.
<i>Gliricidia sepium</i>
<i>Gmelina arborea</i>
<i>Guazuma ulmifolia</i>
<i>Leucaena leucocephala</i>
<i>Lonchocarpus</i> sp.
<i>Prosopis</i> sp.
<i>Spondias purpurea</i>
<i>Tabebuia rosea</i>
<i>Tectona grandis</i>

Existen otras estrategias para el establecimiento de sistemas silvopastoriles, cuyo uso puede ser conveniente en algunos casos. Entre ellas está el uso de árboles poco apetecidos por el ganado bovino, como el nim (aunque en condiciones críticas de sequía esto puede cambiar) y el proteger cada plántula, por ej. con alambre de púas, lo cual es bastante oneroso. Resulta evidente que la planificación es la estrategia más conveniente.

3.4.5 Árboles en cultivos

Una estrategia de "usurpación" intermedia de tierras dedicadas a cultivos anuales es sembrar en ellas árboles espaciados, siguiendo o no un ordenamiento, lo cual se decidirá en función de las características del terreno y de las preferencias del productor. En la Figura 5 se muestra un ejemplo de tal práctica, en la cual árboles frutales han sido sembrados con un espaciamiento muy amplio entre sí, cada uno de ellos en terraza individual, lo cual favorece el establecimiento y el crecimiento (ver Sección 2.3.9). Otra estrategia es sembrar frutales en depresiones del terreno en las cuales se acumula el agua, permitiendo eso sí el drenaje durante períodos de exceso de lluvia.

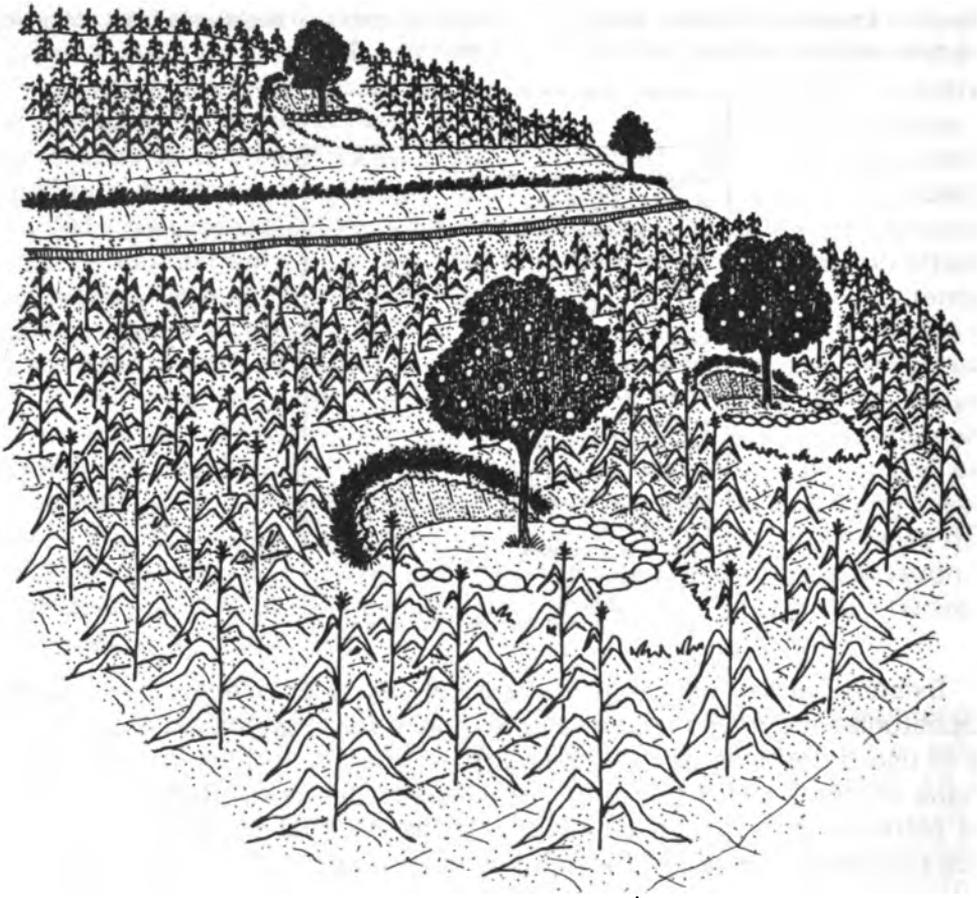


Figura 5 Sistema agroforestal intercalando árboles frutales en terrazas individuales dentro de un campo de cultivo que tiene prácticas de conservación de suelos.

Una gran variedad de especies, frutales y maderables, pueden sembrarse siguiendo esta práctica, lo cual permitirá una evolución del terreno netamente agrícola a un sistema agroforestal, eventualmente incluso permitiendo al agricultor enfatizar más el componente arbóreo, en la medida que se expresan los beneficios que los árboles proporcionan. Resulta evidente que la experimentación por parte de transferencistas y productores es fundamental para lograr aquellos sistemas que se ajusten mejor a cada condición, manteniendo siempre presente los principios básicos que se han venido enfatizando a lo largo del capítulo.

3.4.6 Barbechos mejorados

Se considera solamente el barbecho mejorado, sembrado y no producto de sucesión natural, ya que el barbecho natural no representa sistematización en el uso de árboles, y el barbecho mejorado es además la opción más viable de fomentar en las condiciones de degradación ambiental, crecimiento lento de algunas especies de sucesión natural, y presión por la tierra en estas regiones.

Kass *et al.* (1993) analizaron un sistema de barbecho natural bastante corriente en el sur de Honduras, basado en la colonización de los terrenos que ocurre por carbón negro (*Mimosa tenuiflora*), una leguminosa perenne muy común en la región semiseca de laderas de Centroamérica. Después de un período de 12 años, la dominancia del carbón negro disminuye considerablemente y dominan especies forestales como *Cordia* spp., *Tabebuia* spp., y *Samanea saman*. Los mismos autores indican que en situaciones de alta presión por la tierra el barbecho puede ser reducido a entre cuatro y siete años, lográndose, evidentemente, en menor escala los beneficios del barbecho, que son básicamente restaurar la fertilidad del suelo y suprimir las malezas. El otro beneficio del barbecho, que es la productividad de las especies perennes, puede ser logrado en un período reducido mediante el manejo que a continuación se propone.

La estrategia del barbecho mejorado consiste en acelerar la colonización con leguminosas perennes deseables por siembra directa con semilla (por ej., madreño, leucaena y aripín) y transplantar ya sean plántulas o estacones de otras especies con fines a más largo plazo, como son árboles maderables (eucalipto, pochote, genízaro, teca, y otros; ver lista de especies que pueden transplantarse como estacones en el Cuadro 7). De esta forma se cubrirá más rápidamente el suelo y se contará más rápido con los beneficios de las leguminosas perennes (forraje, leña, mejoramiento del suelo) y al final del barbecho se contará con las otras especies arbóreas que habrán alcanzado un crecimiento considerable durante los años de barbecho. Esta estrategia, que no ha sido probada aún, requiere que el productor dedique algo de su tiempo a garantizar que las especies trasplantadas no sean ahogadas por el rápido crecimiento de las leguminosas perennes de uso múltiple y malezas varias.

3.4.7 Bancos de proteína (bancos de forraje)

Los bancos de proteína son rodales plantados a densidades altas de especies de reconocido valor forrajero, es decir, con alta producción de biomasa, proteína cruda total y digestibilidad, cuyo uso prioritario es la producción de forraje de alta calidad para alimentar el ganado, aunque también pueden producir algo de leña según el manejo.

Es recomendable que las especies utilizadas sean fijadoras de nitrógeno (ver Cuadro 3). De preferencia, los sitios para el establecimiento de bancos de proteína deben localizarse cerca de los lugares de alimentación del ganado, sobre todo en el caso de que se utilicen para corta. En las regiones semisecas de Centroamérica hay experiencia en bancos de proteína principalmente con *Leucaena leucocephala* y *Gliricidia sepium*; sin embargo, hay otras especies que pueden ser utilizadas, como se indica en el Cuadro 3.

El forraje producido en estos rodales puede aprovecharse de dos maneras: cortándolo para ofrecerlo a los animales fuera de la plantación o por ramoneo. Según el tipo de aprovechamiento planeado, así será el distanciamiento y la forma de establecimiento. Por ejemplo, cuando la disponibilidad de mano de obra en la finca permite cosechar el forraje, las especies pueden plantarse a altas densidades. En el caso de permitirse al ganado ramonear directamente en el banco de proteína, las densidades de plantación deben ser menores. Por ejemplo, si se siembra leucaena la densidad puede variar de 2500 hasta 5000 árboles/ha, y en los estados iniciales de crecimiento puede asociarse con algún pasto de corte que se planta entre los surcos (un sistema silvopastoril temporal y modificado).

En todos los casos se permite crecer libremente las especies durante un período de seis a doce meses o más, para permitir la formación de un sistema radicular fuerte; esto es de particular relevancia cuando se usa el ramoneo para evitar daño a la plantación.

El Proyecto Agrosilvopastoril se concentró en el establecimiento de bancos de proteína de leucaena, debido a que, como forrajera, es una de las más utilizadas y experimentadas en el trópico por su alto contenido de proteína cruda, entre 20 y 30%, y porque su follaje es además rico en carotenos (vitamina A) y vitamina K. Silva (1991) reportó que la digestibilidad *in vitro* del follaje oscila entre 53,1 y 56,4 %, y que el contenido de macro y micro minerales se presenta dentro del rango establecido por la literatura para

el crecimiento normal de bovinos, excepto fósforo. No obstante su reconocido valor nutritivo, la leucaena presenta problemas de toxicidad por la presencia de mimosina, la cual, consumida en altas dosis, causa caída del pelo y la formación de bocio por el desarrollo anormal de la tiroides. La concentración de mimosina varía según las variedades y la maduración de las hojas; las hojas nuevas contienen más. El factor tóxico es, sin embargo, controlable a través de la selectividad: por el animal mismo permitiendo que ramonee por un tiempo limitado (dos horas) o por la persona que corta el forraje y lo ofrece a los animales, limitando la cantidad ofrecida. En este último caso, por regla general se puede complementar hasta 40% ó 50% la dieta de animales en engorde y no más del 30% de la dieta de hembras gestantes.

En regiones semiáridas se han reportado producciones de materia seca comestible que oscilan entre 727 a 1707 kg/ha en el primer año (Sousa y Araujo, 1991). CATIE (1991a) reporta que un rodal de leucaena plantado a una densidad de 6000 árboles/ha tuvo producciones de 7,1 y 10,6 t/ha de follaje seco a 2,1 y 3,1 años, respectivamente; a esta edad el 66 y 72% del producto total era leñoso. Para la región semiseca, la primera cosecha puede realizarse un año o año y medio después de la siembra (según trasplante o semilla) y posteriormente continuar cosechando cada tres meses durante la estación lluviosa y cada cinco meses durante la estación seca--cosechas más frecuentes pueden afectar la capacidad de rebrote de la leucaena.

Antes de la siembra, el suelo se prepara adecuadamente eliminando las malezas--las altas densidades de siembra cumplen posteriormente con un buen control de malezas. Posteriormente se marca el sitio en que se sembrarán a una distancia de 0,5 x 1,0 m, para obtener una densidad de 20000 árboles/ha, que es el sistema de plantación recomendado por CATIE (1991a) para producir forraje de corta. Se pueden sembrar plántulas de vivero o estacones; la siembra directa por semilla es también factible aunque demora la obtención de beneficios--lo cual se contrapone a la menor necesidad de mano de obra y los costos asociados con viveros. El control de malezas se continúa realizando hasta que no se afecte el crecimiento de la leucaena. Se recomienda sembrar la leucaena al inicio de las lluvias para que su desarrollo le permita resistir la primera estación seca--esto es particularmente importante si la siembra se hace de semilla.

En El Salvador, en dos parcelas de aproximadamente 500 m² en los municipios de Texistepeque y Metapán, las plántulas de leucaena (entre 30 y 40 cm de alto) se trasplantaron a una distancia de 2 x 2 m al inicio de las

lluvias (mayo). De los 400 árboles trasplantados se registró un prendimiento a los 180 días del 99% y la altura de los árboles fue de 1,2 y 3,0 m a los 90 y 180 días respectivamente. En el segundo corte, realizado en junio del segundo año (el primero fue en marzo, o sea, a finales de la estación seca), los árboles presentaron una altura de 2,25 m antes de la poda y 1,8 m después de la poda (la poda puede ser bastante más severa, dejando los troncos hasta de 1 m de alto), para una producción de 441,5 kg de biomasa (lo que se traduce en 88 kg/100 m² por poda). Este material verde fue utilizado para suplementar 14 vacas en producción con 2,75 kg de forraje verde de leucaena/vaca/día.

En Nicaragua se establecieron nueve parcelas de 40 x 40 m en nueve fincas. El suelo se preparó con arado y la siembra se efectuó a una distancia entre surcos y entre plantas de 1,5 y 0,25 m, respectivamente. Se obtuvo un porcentaje de prendimiento a los 180 días de 83% y se observó que el desarrollo de las plantas en su mayoría fue lento (97 cm a los 180 días), lo que se atribuyó a condiciones de déficit hídrico. En seis parcelas se detectaron daños a las plantas jóvenes provocados por las hormigas cortadoras (*Atta* spp.), en detrimento del crecimiento normal de las plantas.

En Honduras se establecieron cuatro parcelas de leucaena, que en promedio medían 0,17 ha, para evaluar dos métodos de siembra: por semilla y por trasplante de plántula desarrollada en viveros. Con la siembra por trasplante se obtuvo el mayor porcentaje de prendimiento a los 90 y 180 días (97,5 y 94%, respectivamente), mientras que el promedio de árboles prendidos cuando se usó semilla como material de siembra fue muy bajo (40 y 31% a los 90 y 180 días, respectivamente) debido a una baja germinación de la semilla, consecuencia de la falta de agua y del uso de semilla no tratada. También se presentó daño causado por los animales domésticos. La altura de estas plantas al final de la estación lluviosa fue de 10 a 25 cm, por lo cual su posibilidad de sobrevivir los meses secos sin riego es baja.

Para el establecimiento efectivo de bancos de proteína, durante la capacitación y promoción deben reforzarse aspectos técnicos tales como escoger entre trasplante de plántulas de vivero, estacones o uso de semilla según sea el caso y que la época de siembra coincida con el inicio de las lluvias para que al finalizar la estación las plantas, suficientemente desarrolladas, puedan tolerar la estación seca. Además debe concientizarse a los productores de la necesidad de cercar el banco de proteína para evitar el daño por parte de los animales.

3.4.8 Bosquetes

Bosquetes para madera, postes y leña

Un bosque es una extensión pequeña de tierra cubierta por especies forestales que pueden tener múltiples usos. Con la promoción de ellos se espera que los productores logren autosuficiencia en el abastecimiento de leña, postes, madera y otros productos. Para satisfacer las necesidades de leña, los otros recursos existentes en la finca deben ser considerados antes de dimensionar un bosque; por ej., puede ser preferible implementar cercas vivas con fines de leña antes de destinar un área de la finca puramente para un bosque energético.

Para el establecimiento de los bosques es necesario que exista interés por parte de los productores, que sientan la necesidad de los beneficios de los árboles para que estén dispuestos a destinar una extensión de tierra para ello, lo cual es particularmente importante en el caso de productores con fincas pequeñas con producción de subsistencia.

La tecnología es de fácil aplicación, se siembran plántulas de 30 a 45 cm de altura, distanciadas desde 2 x 2 m hasta 3 x 3 m, lo cual equivale a una densidad de 2500 a 1100 plántulas por hectárea. La siembra se realiza al inicio de la estación lluviosa, el ahoyado se hace de aproximadamente 30 cm. Reiche *et al.* (1991) proporcionan una serie de datos y análisis sobre los costos de establecimiento y mantenimiento de bosques; entre otros, en promedio se requieren: 30,7 jornales/ha para preparación del terreno, incluyendo limpieza, marcación y ahoyado; 24,5 jornales/ha para la faena de plantación; y 29,2, 22,6 y 16,2 jornales/ha para mantenimiento del primer, segundo y tercer año, respectivamente; 30 jornales/ha para raleo; y 81,8 jornales/ha para aprovechamiento total, que se logra después de un largo período de tiempo. Los mismos autores indican que, en promedio, el aprovechamiento total rinde 39,2 m³ y los raleos rinden 21,8 m³.

Los coejecutores del Proyecto Agrosilvopastoril establecieron bosques de variadas especies forestales (a veces junto con frutales, lo cual no es lo más recomendado). En el Cuadro 8 se dan ejemplos de las especies sembradas, el área de establecimiento, el número de plántulas y el % de prendimiento a los 90 días. Lo más interesante de esta experiencia del Proyecto fue el gran interés que los productores mostraron por esta práctica,

cuidando los lotes (chapia), replantando los árboles que se perdían y en la mayoría de los casos ampliando al tercer año el área original.

Cuadro 8 Datos sobre el establecimiento de bosquetes en tres áreas de la región semiseca centroamericana, en promedio y desviación estándar.

País	Nombre común (nombre científico)	Area en m²	no. plántulas	m²/árbol	% Prend. a 90 días
Guatemala	casuarina (<i>Casuarina equisetifolia</i>) eucalipto (<i>Eucalyptus camaldulensis</i>) paraíso (<i>Melia azederach</i>) matilisguate (<i>Tabebuia rosea</i>) madreado (<i>Gliricidia sepium</i>) cedro (<i>Cedrela odorata</i>) aripín (<i>Caesalpinia velutina</i>)	1000 (1100)	163 (143)	6,1	65,8
El Salvador	eucalipto (<i>Eucalyptus camaldulensis</i>)	345 (168)	88 (40)	3,9	51,5
Nicaragua	madreado (<i>Gliricidia sepium</i>) eucalipto (<i>Eucalyptus camaldulensis</i>) leucaena (<i>Leucaena leucocephala</i>) quebracho (<i>Lysiloma seemanni</i>) cedro (<i>Cedrela odorata</i>) caoba (<i>Swietenia macrophylla</i>) jocote (<i>Spondias</i> spp.) roble (<i>Quercus</i> spp.)	661 (350)	77 (40)	8,6	69,2

Bosquetes u otros perennes con asocio temporal de cultivos (taungya)

Consiste en establecer una plantación de especies forestales o frutales, combinadas durante los primeros 2 ó 3 años de crecimiento con cultivos anuales en el mismo terreno. La competencia entre los árboles y cultivos por nutrientes, agua y luz se reduce con una buena selección de especies a combinar, con una adecuada densidad de siembra y el tipo de manejo que se realiza. En general, las limpiezas y fertilizaciones que se realizan a los cultivos también favorecen el crecimiento de los árboles (evitándose con ello la chapia

en el rodal puro, que es una de las labores más frecuentes). Se debe tener el cuidado de no dañar los árboles ni sus raíces con las prácticas agrícolas; el uso de herbicidas debe realizarse de manera que no se dañen los árboles.

En Jutiapa, Guatemala se sembraron frutales (mango, naranja, limón, marañón, anona y papaya⁶) combinados con maíz y maicillo. En promedio, en 15 fincas se sembraron 62 árboles a una distancia de 3 x 3 m, en un área de 0,38 ha. En Santa Ana, El Salvador, se plantaron eucaliptos, teca y leucaena combinados con maíz, presentándose prendimientos promedio de 97, 97 y 93% a los 90, 180 y 365 días, respectivamente--lo cual muestra una vez más la factibilidad de sembrar cultivos anuales dentro de las plantaciones forestales sin causar mayor daño a los árboles.

3.5 Consideraciones finales

Es evidente que el uso de especies de crecimiento rápido permite fomentar la agroforestería con mayor facilidad; sin embargo, esto representa también una limitación en la gama de aplicaciones agroforestales que pueden promoverse, y bien puede ser la causa de la limitada experiencia que se ha desarrollado en la región semiseca de Centroamérica. En un esquema de desarrollo planificado, puede ser apropiado iniciar la sistematización de la agroforestería con especies de rápido crecimiento y rentabilidad al corto plazo; sin embargo, esto no debe inhibir el establecimiento planificado de otros sistemas agroforestales, por lo menos a nivel demostrativo, para fomentar el desarrollo futuro así como la investigación. En todo caso, y en consideración de las necesidades de los productores, la rentabilidad económica o de otro tipo debe ser el factor que rijan la transferencia agroforestal, y no prioritariamente la conservación ambiental, como ha sido en diversas ocasiones.

Se nota como esencial la necesidad de desarrollar una experiencia propia de investigación y manejo de sistemas agroforestales en las regiones con clima semiseco de Centroamérica, no ignorando la experiencia de la agroforestería en otras ecorregiones, con particular énfasis en las similitudes conceptuales. Los transferencistas y productores mismos pueden y deben experimentar con diversos sistemas agroforestales y especies, dentro de los marcos generales para cada situación.

⁶Se incluye papaya por el tipo de manejo que recibe.

Cabe destacar que la agroforestería, vista como el uso sistematizado de especies perennes en sistemas agrícolas, aunque presenta muchas alternativas y potenciales para el desarrollo económico y la conservación ambiental, no puede continuar siendo vista aisladamente del contexto productivo agrícola más amplio. Es decir, la agroforestería, pasada la etapa de desarrollo, se incorpora al bagaje técnico de la producción agrícola, al igual que otras disciplinas, como son la producción de cultivos anuales y la ganadería. La diferencia en estos momentos de la evolución de la agricultura, es que al incorporar la agroforestería a nivel de finca y regionales, se hace de forma integrada, manteniendo siempre el enfoque de sistemas, tal como lo hacen los productores mismos.

Referencias

- Budowski, G. y R.O. Russo. 1993. Live fence posts in Costa Rica: A compilation of the farmer beliefs and technologies. *Journal of Sustainable Agriculture*, 3:65-87.
- CATIE. 1983. El componente arbóreo en Acosta y Puriscal, Costa Rica. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- CATIE. 1991a. *Leucaena (Leucaena leucocephala)*. Especie de árbol de uso múltiple en América Central. Serie Técnica, Informe Técnico no. 166, CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- CATIE. 1991b. *Madreado (Gliricidia sepium)*. Especie de árbol de uso múltiple en América Central. Serie Técnica, Informe Técnico no. 180, CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- CATIE. 1994. Estufas ahorradoras de leña para el hogar rural: validación y construcción. Serie Técnica, Informe Técnico no. 216, CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Conklin, N.L., R.E. McDowell y P.J. Van Soest. 1991. Ranking twenty-two tropical brouse species from Guanacaste, Costa Rica. *Turrialba*, 41:615-625.
- Chambers, R. y M. Leach. 1990. El árbol, medio de ahorro y previsión del campesino. *Unasyuva*, 41(161):39-52.
- Durr, P. 1992. Manual de árboles forrajeros de Nicaragua. MAG/COSUDE, Estelí, Nicaragua.
- House, A. y C. Harwood (eds.). 1992. Australian dry-zone Acacias for human food. CSIRO, Canberra.
- Kass, D.L., C. Foletti, L.T. Szott, R. Landaverde y R. Nolasco. 1993. Traditional fallow systems in the Americas. *Agroforestry Systems*, 23:207-218.
- Jolin, D y E. Torquebiau. 1992. Large cuttings. A jump start for tree planting. *Agroforestry Today* 4(4):15-16.
- Macklin, B. 1990. An overview of agroforestry systems: a classification developed for extension training. *In*: E. Moore (ed.), *Agroforestry land-use systems*, Special publication 90-02, NFTA, Waimanalo, Hawaii, pp. 1-12.

- NAS. 1979. Tropical legumes: Resources for the future. National Academy of Sciences, Washington, D.C.
- NAS/CATIE. 1984. Especies para leña--arbustos y árboles para la producción de energía. National Academy of Sciences, Washington, D.C. y CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Otárola, A y M.J. Torres. 1994. Las cercas vivas de madero negro (*Gliricidia sepium*): una técnica agroforestal promisoría para el Pacífico Seco de Nicaragua. Serie Técnica, Manual Técnico no. 8, CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Raintree, J.B. 1991. Socioeconomic attributes of trees and tree planting practices. FAO, Community Forestry Note 9, Rome.
- Reiche, C., D. Current, M. Gómez y T. Mckenzie. 1991. Costos del cultivo de árboles de uso múltiple en América Central. Serie Técnica, Informe Técnico no. 182, CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Rocheleau, D.E. y J.B. Raintree. 1987. Agroforestry and the future of food production in developing countries. *Impact of Science on Society*, 142:127-141.
- Salazar, R. (ed.). 1985. Técnicas de producción de leña en fincas pequeñas. Acta del simposio, CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Silva, C.M.M. de S. 1991. Avaliação da leucaena em Petrolina-PE. *In: Anais da XXVIII Reuniao anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 21-26 julho, 1991. Joao Pessoa, PB, Brasil.
- Sousa, F.B. de y M.R.A. Araujo. 1991. Avaliação da produção de sementes e de forragem de cinco variedades de leucaena. *In: Anais da XXVIII Reuniao anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 21-26 julho, 1991. Joao Pessoa, PB, Brasil.
- Yadav, J.P. y P. Khanna. 1992. Root pruning enhances crop production under *Prosopis cineraria*. *Agroforestry Today*, 4(4):13-14.
- Young, A. 1989. Agroforestry for soil conservation. ICRAF, Nairobi, 276 p.

Capítulo 4

ALIMENTACION DEL GANADO BOVINO DURANTE LA ESTACION SECA

*Mauro Tejada, Ana M. Castillo,
Hetty Denen y Ricardo Radulovich*

4.1 Introducción

El trópico semiseco centroamericano, por sus características ecológicas, entre las que destaca una estación de lluvias entre los meses de mayo a octubre/noviembre, con un veranillo de duración variable durante julio y agosto y una estación seca de noviembre a abril, presenta problemas de baja y variable productividad en las actividades agropecuarias que allí se desarrollan. Bajo esas condiciones, la producción de pastos, principal fuente de alimentación del ganado bovino en el área, es estacional y, como consecuencia, uno de los problemas principales que el productor enfrenta es la baja disponibilidad de alimento para los animales durante los meses secos, causada por el poco crecimiento y el deterioro gradual y prolongado de los pastos.

Debido a esto, durante la estación seca el productor traslada sus animales a parcelas dedicadas a la agricultura, donde los animales consumen el rastrojo o residuos de cosecha, lo cual trae consigo, en la mayoría de los casos, un uso irracional de los recursos debido especialmente al sobrepastoreo, sin lograr evitar con ello una fuerte disminución en la producción de leche y carne, y el deterioro tanto en la condición física como en la eficiencia reproductiva del hato.

En la búsqueda de una mayor productividad del componente pecuario, que a la vez evite la continua degradación de la base productiva, es importante considerar alternativas que permitan a los productores disponer de alimento para el ganado bovino en la época de mayor escasez de alimento, maximizando racionalmente el uso de los recursos disponibles en las fincas (pastizales, cultivos y árboles de uso múltiple). Dentro de estas alternativas,

la conservación del excedente de forraje que se produce en la estación lluviosa mediante ensilaje o henificación, el mejoramiento de la calidad nutritiva del rastrojo mediante el tratamiento con urea y la introducción de especies forrajeras tanto gramíneas como leguminosas (anuales y arbóreas) adaptadas a la sequía, pueden considerarse como opciones factibles, siempre que estén adaptadas a las condiciones biofísicas y socioeconómicas de los pequeños y medianos productores de la región.

En un estudio realizado con los coejecutores del Proyecto Agrosilvopastoril en Choluteca, Honduras, Laínez (1993) confirmó que la disponibilidad de pasto y rastrojo en la estación seca es menor que en la estación lluviosa (65,7 y 284,6 kg de materia seca/ha/día, respectivamente). Aplicando esta información para evaluar el balance nutricional del hato promedio¹ se obtiene que los requerimientos de mantenimiento de materia seca por día, de aproximadamente 93 kg en esa época, son satisfechos. Esto sugiere que los productores poseen el número de animales adecuado a la capacidad forrajera de las fincas y que el problema, básicamente, es la calidad del forraje, relacionada principalmente con la digestibilidad de la materia seca y el contenido de proteína bruta. El mismo autor encontró valores de 2,3% y 1,7% de proteína bruta, y valores de 38% y 46% de digestibilidad *in vitro* de la materia seca para los pastos y los rastrojos durante la estación seca, respectivamente, que representan cantidades insuficientes para satisfacer los requerimientos de mantenimiento y producción de proteína bruta y materia seca digestible del hato. Además, en fincas donde aproximadamente el 57% del terreno es quebrado y los animales deben recorrer hasta ocho km diariamente para trasladarse a los terrenos con rastrojos (Mejía, 1993), los requerimientos de proteína y energía para mantenimiento de los animales aumentan, provocando una deficiencia nutricional mayor.

Al promediar los valores de proteína y digestibilidad, cada unidad animal estaría consumiendo en el mejor de los casos (pues con esa calidad de forraje es posible esperar un consumo aproximado de 1,0 a 1,5% de peso vivo), 140 g de proteína cruda por día² y 2,94 kg de materia seca digestible. Esto

¹Un hato promedio con 17,4 cabezas de ganado (equivalente a 13,2 U.A.) en 11,8 ha de pasto más charral. Asumiendo 1 U.A. = adulto de 350 kg, con un consumo diario de materia seca equivalente al 2% del peso vivo (durante la estación seca).

²El requerimiento de proteína cruda para el mantenimiento de un animal de 350 kg de peso, según las tablas del NRC (1977) es de 341 g/día, sin considerar que por el ejercicio a causa del pastoreo y traslado de los animales a abrevar éste podría aumentar.

significa que los animales carecen de los requerimientos mínimos de proteína durante toda la estación seca. Lañez (1993) reporta que el mes más crítico en deficiencia de proteína para animales en desarrollo es el mes de febrero, cuando los pastos están más secos y se inicia el uso de los rastrojos, y que, en la mayoría de los casos, el requerimiento diario de energía para mantenimiento es cubierto por los pastos y los rastrojos, es decir, no pareciera presentarse un déficit energético durante la estación seca, aunque la fuente no sea de buena calidad.

Establecida la necesidad de mejorar la alimentación del ganado bovino en verano, se han presentado a los pequeños y medianos productores de escasos recursos económicos, pero poseedores de un componente bovino, varias alternativas tecnológicas con ese objetivo. Estas tecnologías, llevadas a validación o investigadas por el Proyecto Agrosilvopastoril, fueron:

- hornos forrajeros (Guatemala, El Salvador, Honduras y Nicaragua);
- conos o cilindros forrajeros (Guatemala, Honduras y Nicaragua);
- amonificación de rastrojos de cosecha (El Salvador, Honduras y Nicaragua);
- suplementación con mezcla de sal común:urea (Guatemala);
- establecimiento de pasto *Andropogon gayanus* (Guatemala y El Salvador);
- asociaciones leguminosa-gramínea (Honduras);
- lotes silvopastoriles (Honduras), y
- bancos de proteína y otras aplicaciones agroforestales (ver Capítulo 3).

Los hornos forrajeros y el mejoramiento de rastrojos con urea fueron las tecnologías preferidas por los productores, pues ambas tecnologías responden a sus necesidades de: a) proveer alimentos de mejor calidad a los animales, pues tanto el material del horno forrajero como los rastrojos tratados con urea son nutricionalmente superiores al pasto y rastrojos sin tratamiento³; y b) maximizar la utilidad de los recursos forrajeros disponibles en la finca (los coejecutores no siembran material forrajero específicamente para llenar el horno forrajero y no compran rastrojos para tratarlos con urea), permitiendo fortalecer relaciones entre productos e insumos de dos subsistemas (agrícola y pecuario). Este tipo de interacción, según Harwood (1986), en los sistemas mixtos donde se trabaja con pocos recursos, son decisivas para el mejoramiento y el éxito de éstos, pues cuanto más estrecha sea la interacción más cerca se llega de la mayor capacidad productiva.

³Ver Lañez (1993) y CATIE (1994a).

Con la implementación de esas dos tecnologías, los productores no están aumentando la cantidad de forraje disponible para alimentar los animales en la estación seca, pero la calidad de la ración durante la estación seca sí mejora, aunque limitadamente, disminuyendo con ello el efecto negativo sobre la producción animal. Los resultados observados en el campo indican que se evita el deterioro físico excesivo de los animales cuando estas tecnologías se utilizan ya avanzada la estación seca y, en algunos casos, sostienen la producción de leche y carne. Pero también se observó que las cantidades almacenadas en hornos forrajeros o las cantidades de rastrojo amonificadas, no eran suficientes para complementar la alimentación del hato en su totalidad, inclusive animales de trabajo. Además de que estas tecnologías se emplean en pequeña escala, se aplican irregularmente a través del tiempo (pues se dieron casos de que una tecnología no se implementaba durante un año, por carecer de algún insumo, sin implicar esto abandono de la tecnología por parte del productor, por ej. ver adopción de hornos forrajeros; CATIE, 1994a).

Tomando en cuenta lo anterior y, por otro lado, considerando que una necesidad primaria en los sistemas mixtos con producción de subsistencia, es producir granos básicos para el autoconsumo, es necesario recurrir a otras tecnologías que permitan el aumento de la cantidad de forraje de calidad disponible, sin disminuir áreas dedicadas a los cultivos anuales. En este sentido, para la región semiseca se mostraron como opciones viables el establecimiento de pastos mejorados, asociaciones leguminosa-gramínea, lotes silvopastoriles y bancos de proteína; además de la tradicional práctica del guate, la cual es también susceptible a mejoras (variedad, densidad de siembra, fertilización).

En el caso del pasto *Andropogon gayanus*, los productores valoraron su potencial productivo debido a que presentó un buen desarrollo en suelos marginales, a que se mantuvo verde y más suave (en comparación con el pasto jaragua) avanzada la estación seca y rebrotó rápidamente con las primeras lluvias. A medida que se vayan aumentando las áreas sembradas con este pasto mejorado, hasta lograr sustituir los pastizales de jaragua o al menos establecer el área requerida según el número de animales, se estará aumentando la calidad y cantidad de materia seca disponible anualmente. Este forraje incluso podrá almacenarse en hornos forrajeros o henificarse en conos forrajeros.

La asociación leguminosa-gramínea, además de mejorar la calidad de la dieta del animal cuando consiste únicamente de gramínea forrajera (pues aumenta la digestibilidad de la dieta y el contenido total de proteína cruda), es otra alternativa para reducir el problema de la calidad del alimento durante la estación seca, cuando en la asociación se utilizan leguminosas tolerantes a la sequía, por ejemplo *Clitoria ternatea*, que ha mostrado buenos índices de adaptación vegetativa y reproductiva, y floración (MAG, 1992).

Los árboles son un recurso alimenticio vital en las fincas de pequeños y medianos productores de la región semiseca. Según Mejía (1993), en su estudio realizado en Jutiapa, Guatemala, para el Proyecto Agrosilvopastoril, la ganancia o pérdida de peso en los animales durante la estación seca es en gran medida producto de la mayor o menor disponibilidad de árboles forrajeros en las fincas. Durr (1992) ha presentado un documento sumamente útil sobre árboles forrajeros en Nicaragua, entre los que destacan leguminosas cuyo follaje es rico en proteína.

A través del establecimiento de bancos de proteínas, cercas vivas, bosquetes y lotes silvopastoriles, en los que se utilizan árboles de uso múltiple, adaptados a las condiciones de clima y suelos de la región, puede esperarse un aumento en la disponibilidad y calidad de la materia seca anual. Los árboles forrajeros pueden aprovecharse bajo una variedad de sistemas, dependiendo de las necesidades de los animales y de la mano de obra disponible en la finca. En ganadería extensiva, como la que se practica en la región semiseca centroamericana, una de las formas más comunes es el ramoneo libre, donde el animal consume las hojas que están colgando y las vainas y los frutos que caen al suelo. Tiene la ventaja de que no demanda gasto de mano de obra para alimentar los animales y, como desventaja, que el aprovechamiento del material forrajero es bajo. Cuando se tiene mano de obra disponible, se pueden aprovechar las ramas altas por medio de poda. Las ramas se cortan y se dejan en el suelo para que lo que no consuma el animal sirva de mejorador del suelo, o se pueden transportar a los comederos (esto último requiere más trabajo). Aparte de los lotes silvopastoriles, la utilización de árboles se presenta en el capítulo de agroforestería. Además, el subsistema pecuario puede beneficiarse de tecnologías cuyos objetivos son la conservación de suelos y agua, pues con el establecimiento de barreras vivas y cortinas rompeviento en las que se utilizan pastos de corte/leguminosas, leguminosas arbustivas, caña de azúcar u otros, se tendrá disponible forraje que podrá ser conservado o cosechado en el momento de necesidad.

Finalmente, se podría decir que estas tecnologías representan la primera etapa en el ciclo de introducción de tecnologías de alimentación, en función de lo que los pequeños y medianos productores de la región semiseca pueden absorber, dado el actual nivel de productividad. Estas son tecnologías ya probadas por el Proyecto Agrosilvopastoril y otros que, sin perturbar ostensiblemente el sistema de producción, permiten al productor percibir los beneficios que su utilización acarrea a corto y mediano plazo; además de que con la utilización de pocos insumos los productores están resolviendo de su propio pecunio un problema específico. Esta condición es muy importante para el pequeño productor que prefiere reducir riesgos antes que asumirlos para maximizar las ganancias.

A continuación se presentan los resultados de la implementación en finca de las tecnologías para alimentar ganado bovino durante la estación seca, según fueron implementadas por los productores mismos. Primeramente se explican los detalles técnicos para implementarla y posteriormente se presentan los resultados observados.

4.2 Tecnologías de almacenamiento de forraje

Las dos tecnologías que se presentan, hornos forrajeros (ensilaje) y conos forrajeros (henificación), cumplen la función de garantizar al productor la disponibilidad de material de relativamente alta calidad para usarlo como complemento durante la estación seca. En todo caso, los productores almacenan forraje solamente cuando cuentan con un excedente de la estación de lluvias, lo cual debe considerarse dentro de la priorización de las tecnologías a transferir.

4.2.1 Hornos forrajeros (ensilaje)⁴

El ensilado es un proceso de acidificación láctica bajo condiciones anaeróbicas de un forraje que contiene altos niveles de hidratos de carbono de fácil fermentación.

⁴Ver otra publicación del Proyecto Agrosilvopastoril (CATIE, 1994a) para una descripción más amplia del horno forrajero y sus beneficios.

El ensilado de materiales forrajeros en hornos como método de conservación de alimento para bovinos, ha tenido muy buena aceptación en la región semiseca de Centroamérica, ya que permite contar con forraje de buena calidad durante la época de escasez. El horno forrajero, puede decirse, es una simplificación del silo tradicional con el fin de abaratar los costos de construcción y tornarlo accesible a productores de escasos recursos económicos, pues puede hacerse con las herramientas comunes que tiene el agricultor (pico, pala, azadón, etc.) y no se necesita mano de obra especializada.

El ensilaje se realiza después de terminada la estación de lluvias, cuando el material está aún verde o, de extremarse precauciones para evitar la entrada de agua al horno (zanjas externas de drenaje más profundas, un techo de paja), puede también realizarse durante el veranillo.

Materiales que se pueden ensilar

Se pueden ensilar pastos, material vegetativo de los cultivos (maíz y sorgo) y, en menores proporciones, follaje de árboles forrajeros, que sea rico en proteínas. También puede agregarse caña de azúcar picada, como aditivo al 30%, sobre todo cuando el horno se llena solo con pastos. Como se indica más abajo, se ensila el material verde, antes de que se seque.

En condiciones óptimas, se recomienda conservar los forrajes que tengan contenidos de materia seca superiores al 30%; sin embargo, bajo las condiciones climáticas de la región semiseca, cuando la vegetación contiene naturalmente esos valores, su calidad se ha reducido, presentando valores bajos de digestibilidad y proteína cruda, principalmente si se trata de pastos. Una alternativa para preservar el valor nutritivo del pasto es el deshidratamiento o marchitamiento del forraje en el campo después del corte, siempre que las condiciones climáticas lo permitan. Con ello se logrará disminuir rápidamente el contenido de humedad y favorecer las condiciones para su conservación.

Para determinar el momento apropiado de almacenar un material, se pica una muestra del forraje y se aprieta fuertemente en la mano, luego se abre la mano; si mantiene su forma o se desprende con lentitud dejando la mano húmeda, se considera adecuado para ensilar. Por el contrario, si el líquido escurre entre los dedos (alto contenido de humedad) o si toma su forma inicial con rapidez (bajo contenido de humedad), no es apto para almacenar.

Metodología para la construcción de hornos forrajeros

El horno forrajero es prácticamente un silo de zanja o trinchera cavado en la tierra. Sus dimensiones son variables y dependen de la cantidad del material que se quiere conservar. El volumen del horno con un talud a lo ancho se calcula fácilmente con la siguiente fórmula:

$$V = ((B + b) / 2) \times h \times L$$

donde: V = volumen (m³)
B = base mayor (m)
b = base menor (m)
h = profundidad (m)
L = longitud (m)

El volumen de un horno con talud a lo ancho y a lo largo (cuatro paredes inclinadas) se calcula con:

$$V = ((B + b) / 2) \times ((L + l) / 2) \times h$$

donde: l = longitud menor (m)

Se pueden utilizar diferentes combinaciones de estas medidas, considerando el tipo de forraje y su compactación, el período durante el que se alimentará el hato y el consumo diario por animal. Sin embargo, no se recomienda la construcción de hornos con volúmenes menores que 4 m³ ni mayores que 10 m³, los cuales almacenan en promedio entre 1300 y 3300 kg de forraje verde.

Antes de iniciar la construcción del horno forrajero, primero debe seleccionarse el terreno donde se va a localizar. Preferiblemente debe situarse en suelos de textura mediana a pesada, arcillosos o franco arcillosos que no se rajen al secarse, para evitar filtraciones de agua al interior. Se debe seleccionar, en lo posible, una colina que tenga una pendiente suave para facilitar un buen drenaje del interior al exterior y debe construirse en el sitio más elevado de ésta para evitar que reciba mucha agua de escorrentía.

La fosa se hace manualmente utilizando herramientas comunes. Una manera práctica de hacer el talud, mientras se va excavando la zanja, es

calcular para cada 30 cm de altura un declive de 10 cm. Después, en posición central y a lo largo del horno se hace una zanja de unos 20 cm de ancho y de 20 a 30 cm de profundidad para el drenaje de líquidos liberados durante el proceso de fermentación; al final del drenaje se hace un pequeño hueco relleno con piedra pequeña para facilitar la eliminación de líquidos dentro de la estructura del horno (Figura 1).

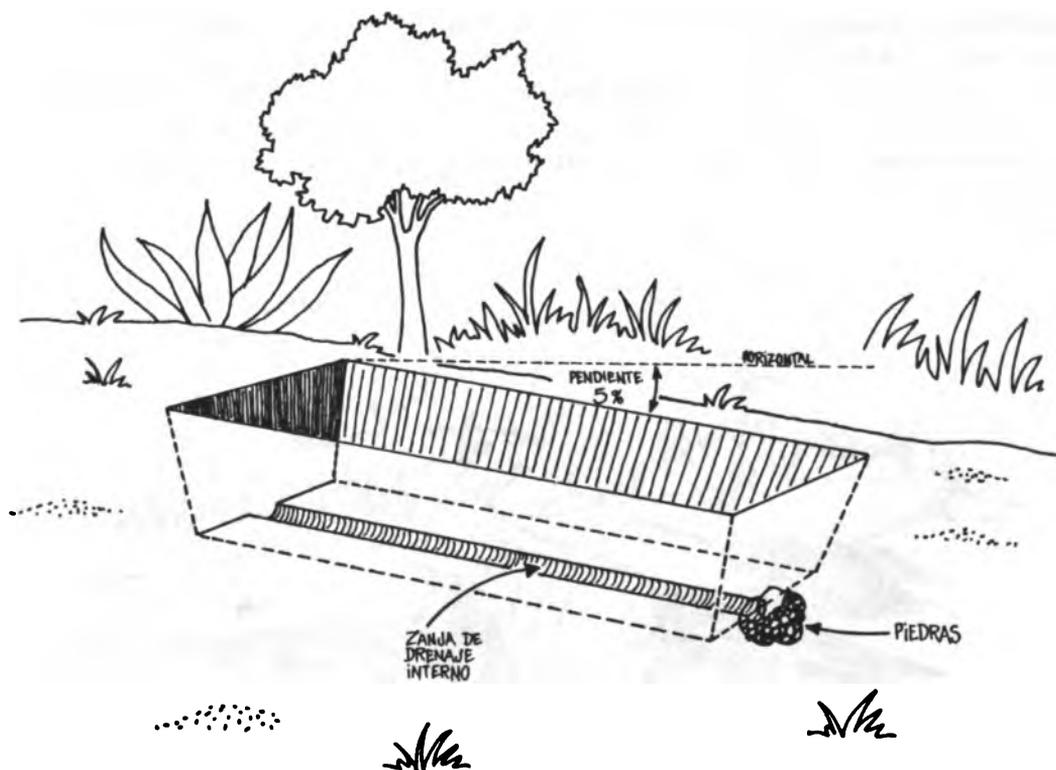


Figura 1 Forma básica del horno forrajero.

Antes de iniciar con el llenado, el piso del horno debe cubrirse con una capa de ocho a diez cm de material vegetal seco; por ejemplo, pasto jaragua o caña de maíz. Las paredes se deben ir cubriendo con una capa del mismo material y de igual grosor, al tiempo que se va llenando.

El material a conservar, partido a la mitad o entero, se coloca a lo ancho del hueco para facilitar su uso posteriormente. Debe cuidarse que las plantas queden ligeramente traslapadas coincidiendo puntas con base para favorecer la compactación y evitar bolsas de aire. El horno puede llenarse hasta un metro sobre la superficie, ya que ese nivel bajará con la compactación final, el peso de la tierra y el proceso fermentativo.

La compactación es el factor más importante para obtener las condiciones anaeróbicas en el forraje ensilado. Es recomendable realizar esta labor en forma frecuente y sistemática durante el llenado del horno forrajero. Para efectos prácticos, se compacta el material cada 20 ó 30 cm de espesor y se realiza por apisonamiento y, en las fases finales del llenado, preferiblemente, con un barril lleno de arena o piedra pequeña (Figura 2).



Figura 2 Compactación del material utilizando un barril lleno de arena y piedras.

El sellado final del proceso es muy importante y debe realizarse correctamente para evitar la entrada de aire y agua. El primer paso consiste en colocar sobre el material ensilado una capa de pasto seco de 10 a 20 cm, que funciona como aislante. Además conviene realizar una compactación más intensa al final del proceso para garantizar las condiciones anaeróbicas necesarias.

Como material para sellar se usa una capa de plástico de cinco a diez milésimas de grosor y de color oscuro. Posteriormente el plástico se cubre con una capa de tierra o arena para consolidar el material ensilado, proteger el plástico y mantener las condiciones herméticas.

Finalmente, es recomendable rodear la fosa del horno con zanjas de drenaje de 30 cm de ancho y 20 cm de profundidad, para evitar así que el agua de escorrentía (en caso de lluvias) entre al horno y dañe el material (Figura 3).

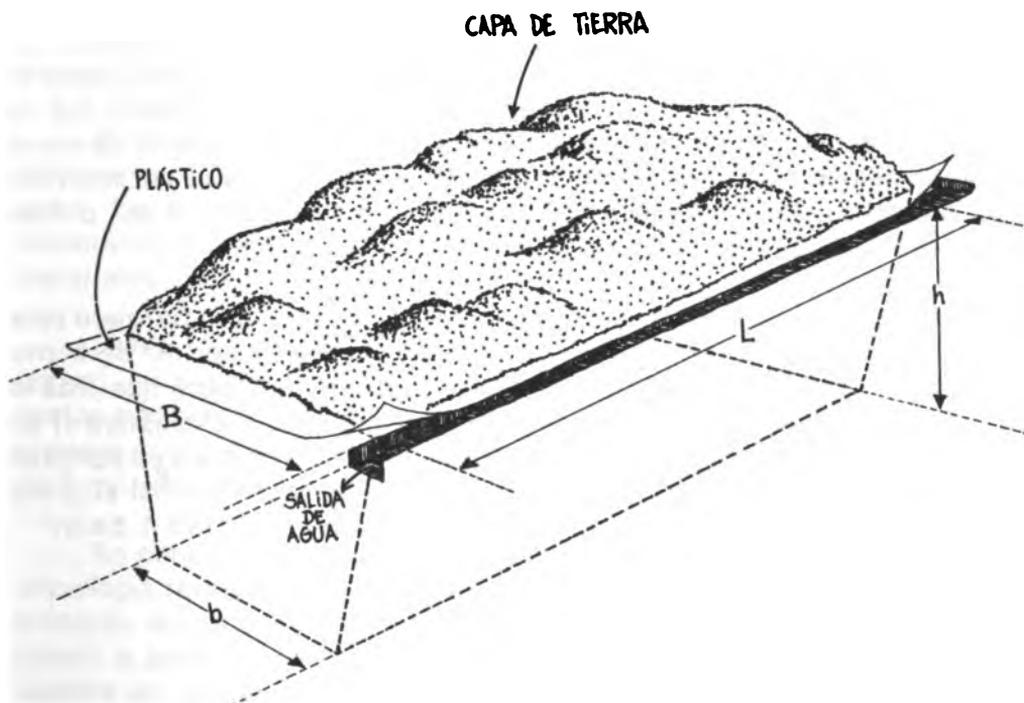


Figura 3 Sellado del horno forrajero y zanja externa de drenaje. La zanja debe ir más alejada del horno que lo que la figura muestra.

Normalmente el período mínimo para que ocurra y se establezca el proceso fermentativo es de 30 a 40 días. Después de este período se puede utilizar el material o guardarse para ser utilizado durante la estación seca. El horno se abre por un extremo a lo ancho, removiendo con cuidado la tierra para no dañar el plástico, que podrá ser reutilizado. Se descarta el material aislante y, a menudo, la capa superficial de material ensilado que presenta evidencias de podredumbre. Después de que se abre el horno, es conveniente evitar exponer el material restante al aire, debe taparse de nuevo y continuarse utilizando el material diariamente hasta acabarlo y no guardarlo por algún otro período prolongado.

Manejo, uso y análisis económico de la tecnología

Los hornos construidos durante la validación de la tecnología por el Proyecto Agrosilvopastoril tuvieron un tamaño promedio de 4,7 m³ y una capacidad de almacenamiento promedio de 333 kg/m³.

Para la construcción de un metro cúbico de horno forrajero se necesitaron en promedio 2,6 jornales para las siguientes actividades: cavar el hueco, corte del forraje, acarreo, apisonado y sellado. El sellado fue la actividad que demandó menos tiempo. Sin embargo, el requerimiento de mano de obra disminuye radicalmente en la medida que se amplía el volumen del horno, llegando a ser cercano a 1 jornal/m³ para hornos de 8 m³ o más grandes.

En el Cuadro 1 se observa el presupuesto parcial del horno forrajero para tres países de la región. El costo total de implementación por m³ de horno forrajero fue de US\$ 21,2, siendo el material vegetativo el rubro que más lo afectó (69%); le sigue la mano de obra (24%) y finalmente el plástico (7%) con poca influencia debido a que en Nicaragua el uso del plástico es opcional por ser un insumo caro. Debe notarse que del presupuesto parcial el único desembolso es el costo del plástico, que en promedio es de US\$ 1,54/m³.

Cuadro 1 Presupuesto parcial del horno forrajero para tres países de la región.

	Honduras (n = 19)	Nicaragua (n = 20)	El Salvador (n = 10)	Promedio Regional (n = 49)
Rendimiento				
Forraje verde (kg/m ³)	276	418	271	333
Pérdida (10%)	28	42	27	33
Ensilaje útil (kg/m ³)	248	376	244	300
Precio ensilaje (US\$/kg)	0,122	0,158	0,120	0,136
Beneficio bruto (US\$/m ³)	30,26	59,41	29,28	40,80
Costos variables (US\$/m³)				
Forraje verde ¹	6,90	29,26	8,13	14,65
Mano de obra ²	4,86	4,73	5,90	5,02
Plástico ³	1,85	0,11	3,19	1,54
Total costo variable	13,61	34,10	17,22	21,21
Beneficio neto (US\$/m³)	16,65	25,31	12,06	19,59
Relación beneficio neto/costo	122%	74%	70%	92%

¹El precio estimado del forraje verde es 0,025 US\$/kg en Honduras, 0,070 US\$/kg en Nicaragua, y 0,030 US\$/kg en El Salvador. El promedio ponderado para el forraje verde es 0,044 US\$/kg en la región.

²Los cálculos de mano de obra se basan en la necesidad promedio de 2,6 jornales; el valor de mano de obra es 1,87 US\$/jornal en Honduras, 1,82 US\$/jornal en Nicaragua y 2,27 US\$/jornal en El Salvador. El promedio ponderado de la región es US\$ 1,93/jornal de ocho horas.

³Cantidad de plástico usado en Honduras fue 2,5m², en Nicaragua de 0,1m² y en El Salvador 1,6 m²; con valor de 0,74 US\$/m en Honduras, 1,09 US\$/m en Nicaragua y 1,14 US\$/m en El Salvador. El promedio ponderado para la región es de US\$ 0,96/m.

A partir de los costos de oportunidad considerados para hacer los cálculos, por cada unidad monetaria invertida se recibe en promedio 92% extra. Sin embargo, la mayoría de los beneficios y costos no son flujos monetarios puesto que el propósito de esta tecnología es realizarla con materiales y mano de obra disponibles en la finca.

Como se esperaba, el volumen del horno tiene influencia sobre el costo por m³, en el sentido de que hornos de volúmenes más grandes involucran costos por m³ radicalmente menores. Por ejemplo, en Choluteca, Honduras, el costo por m³ bajó de alrededor de US\$ 27 a menos de US\$ 10 para hornos de 2 m³ y mayores que 6 m³, respectivamente.

En conclusión, y aunque en promedio por m³ el horno forrajero es una tecnología rentable, al considerar la relación entre volumen y costo, resulta evidente que a mayor volumen mayor será la rentabilidad. Sin embargo, debido a que la construcción de hornos de gran tamaño (> 10 m³) es poco factible en pequeñas explotaciones e incluso riesgosa cuando se utilizan medios rústicos, un rango óptimo es entre 4 y 10 m³. La opción para los pequeños agricultores es construir más de un horno en vez de ampliar mucho el tamaño de solo uno.

El material conservado fue utilizado, en un 90% de los casos, durante los meses de marzo y abril principalmente para alimentar animales jóvenes y vacas en producción, con un promedio de ocho unidades animal por finca. El número de días de alimentación varió de 8 a 30 días con un promedio de 16. El consumo en kg/día/animal también fue muy variable (6,3 a 14,0), con un promedio regional de 9,4 kg/día/animal. Así, un horno de 5 m³, que almacena 1665 kg, y asumiendo una pérdida de 10% del material, puede complementar la dieta de 167 unidades animal/día a razón de 9 kg/día/animal, o de 333 unidades animal/día si se reduce a 5 kg/día.

Estos resultados son el producto de la aplicación de la tecnología por parte de los productores, quienes inicialmente construyeron los hornos basándose en la disponibilidad de forraje y mano de obra, sin considerar el tamaño del hato. La variación en cuanto al uso del material conservado sugiere que es necesario capacitar a los pequeños productores respecto al tamaño y uso del horno, para ayudarles en la optimización de los recursos disponibles.

Algunos datos sobre adopción

Todos los productores que construyeron hornos forrajeros indicaron estar contentos con la tecnología (100% de 30 opiniones). El hecho de que disponen de esta fuente en una época difícil para la alimentación, que provee alimento de buena calidad, es el aspecto más sobresaliente de esta tecnología.

Uno de los aspectos de mayor preocupación para los productores que por primera vez prueban la tecnología es si el material será de calidad aceptable. De allí que varios de ellos, cuando abren por primera vez el horno, consideran el olor, color y sabor del material ensilado antes de dárselo a sus animales. No sorprende, entonces, que el segundo aspecto que más se mencionó, fue el hecho de que los animales aceptaron bien el alimento. En tercer y cuarto lugar de importancia entre los aspectos positivos, se mencionaron el hecho de que construir el horno no implica muchos gastos en materiales y mantenimiento, y que el horno asegura la continuidad en la producción de leche y carne.

El 17% de ellos, aun estando contentos con la tecnología en su totalidad, mencionó el tiempo gastado en llenar y apisonar el horno como un aspecto negativo, mientras que unos pocos productores (7%) mencionaron tener dificultad en sacar el material al momento de alimentar sus bovinos (muy probablemente el producto de una pobre implementación de la tecnología).

Los coejecutores del Proyecto Agrosilvopastoril hicieron varias adaptaciones al diseño original, según sus intereses y posibilidades. El problema de las lluvias, que en caso de entrar al horno perjudican la calidad del material ensilado, lo resolvieron construyendo un techo sencillo de jaragua y de otros materiales provenientes de la finca.

En Nicaragua, la mayoría de los productores no usaron plástico para sellar el horno, por el relativamente alto costo del mismo. Por ser una de las zonas más secas, esto no ha causado problemas, pero sigue siendo un riesgo en caso de lluvias fuera de temporada.

En varias fincas en Honduras, los productores han estado tan satisfechos con la tecnología que decidieron revestir las paredes y el piso del horno con piedra y cemento, dejando un extremo sin revestir para poder ampliarlo según la cantidad de material vegetativo disponible. En Guatemala, dos productores utilizaron exitosamente unas pilas de concreto que tenían en su finca (ver Sección 2.4 para un uso similar de pilas de captación de agua).

4.2.2 Conos forrajeros (henificación)

Los conos (y cilindros) forrajeros son métodos de conservación y almacenamiento de pasto basados en la deshidratación (henificación), manteniéndose una calidad del forraje relativamente alta, que puede ser empleado durante la estación seca, pues durante este proceso se produce una fermentación por acción enzimática que hace que el heno sea digerible, aromático y muy palatable, después de ser almacenado por períodos de tiempo variables. La diferencia entre conos y cilindros es que estos últimos tienen mayor capacidad de almacenamiento de forraje⁵. Aquí se describe la implementación de conos y los beneficios que reportan.

Por las condiciones climáticas, la henificación en la región semiseca se puede realizar en el veranillo (julio-agosto) o al iniciarse la época seca (noviembre), cuando hay abundancia de pastos.

⁵Para detalles sobre diseño y construcción de cilindros forrajeros ver otra publicación del Proyecto Agrosilvopastoril (Morales, 1992).

Para elaborar un heno de buena calidad, el pasto debe cortarse cuando aún está tierno y darle un manejo tal para que durante el proceso de pérdida de humedad no pierda el color verde. El pasto está en el punto ideal de secado cuando tiene un color verde azulado y las hojas se corrugan un poco (CATIE/PRONORTE, 1990). Para estimar el contenido de humedad del pasto después del secado, se toma un puñado y se hace un pequeño haz, de modo que los tallos queden paralelos, luego se retuerce y se dobla para formar una U. Si el haz se quiebra fácilmente sin separarse al retorcerlo y doblarlo, está demasiado húmedo. Si es flexible y se necesita doblarlo y retorcerlo mucho para que se rompa, está en condiciones óptimas para conservarlo. Si, por el contrario, está quebradizo, rompiéndose y separándose con solo doblarlo, está demasiado seco; en este caso, puede dejarse en el campo para que el rocío de la mañana lo deje en el punto adecuado (Morales, 1992).

Metodología de implementación de un cono forrajero

El volumen del cono se calcula con la siguiente fórmula:

$$V = (\text{Pi} \times r^2) \times h / 3$$

donde: V = volumen
Pi = 3,1416
r² = radio al cuadrado
h = altura

y la cantidad (peso) del material a almacenar se obtiene con la fórmula:

$$P = D \times V$$

donde: P = peso (kg)
D = densidad (kg/m³)
V = volumen (m³)

Así, un cono de tamaño mediano con un radio de 1 m y una altura de 2,5 m, tendrá un volumen de 2,6 m³. Tomando una densidad promedio de 280 kg/m³, para 2,6 m³ se necesitarán 728 kg de material ya ligeramente secado, o alrededor de 900 kg de material verde recién cortado.

A continuación se detalla el procedimiento para hacer un cono de pasto jaragua (*Hyparrhenia rufa*), que es la gramínea más abundante en la región.

Es posible, sin embargo, utilizar otros pastos de mejor calidad, como el andropogón, siguiendo estas instrucciones. También, puede utilizarse el cono para guardar material de una guatera, rastrojo o paja amonificada.

Se corta el pasto verde, a los 45 días de edad (después del rebrote) conteniendo alrededor de 75-80% de humedad y se deja extendido sobre el terreno de 3 a 5 horas, según la intensidad de la radiación solar (CATIE/PRONORTE, 1990), para reducir su contenido de humedad en 15-20% antes de almacenarlo. Es conveniente apilarlo en hileras y voltearlo para que seque uniformemente y así esté en condiciones óptimas para su conservación.

La estructura del cono se inicia marcando un círculo de 2-3 metros de diámetro en un suelo plano, limpio de vegetación y piedras, y algo compactado. En el centro se entierra un poste de 3 m de largo dejando 2,5 m sobre el suelo, llamado poste central o eje y por fuera del perímetro del círculo se entierran 12 estacones de 1,60 m de largo, dejando 1,25 m sobre el suelo, espaciándolos en igual distancia en todo el perímetro. En las Figuras 4 y 5 se muestra como debe hacerse un cono forrajero.

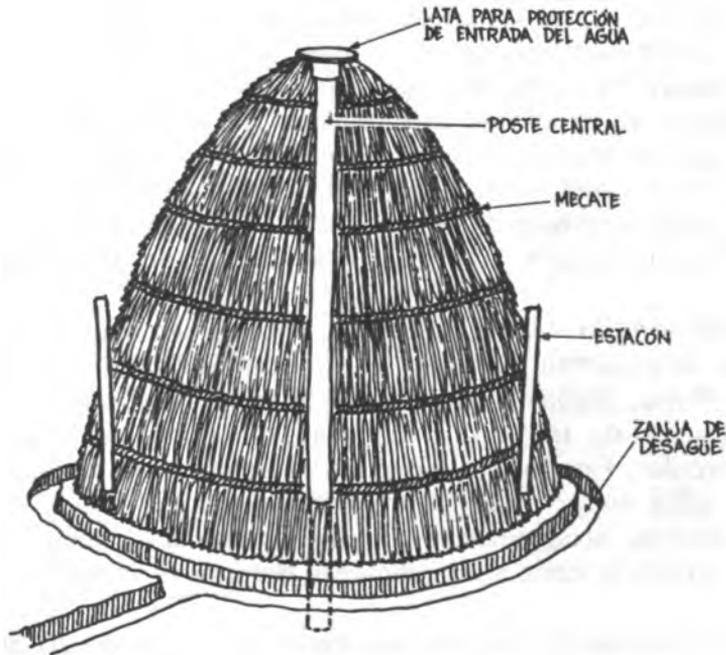


Figura 4 Cono forrajero.

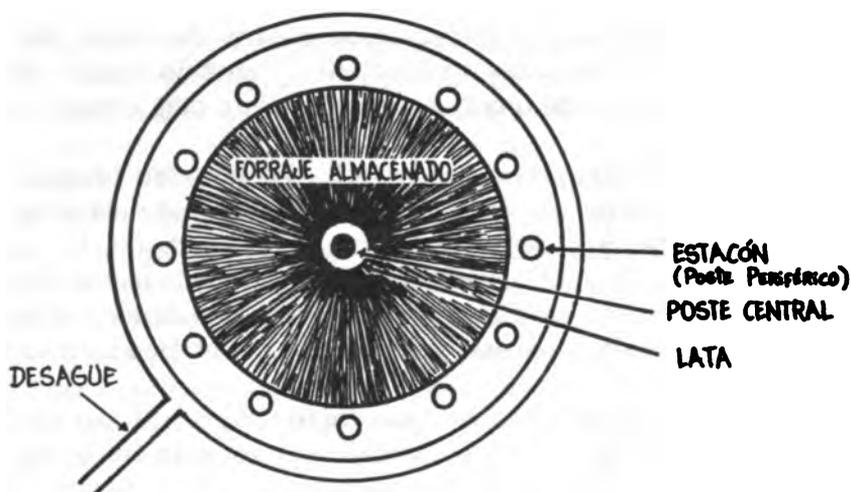


Figura 5 Cono forrajero, vista esquemática desde arriba.

Después, el pasto se coloca en capas radiales alrededor del poste central, en el espacio que queda entre éste y los estacaones. Cada capa se va compactando mediante apisonamiento por una o dos personas caminando sobre ellas para acomodar bien el heno. Se le va dando la forma de cono a medida que se van colocando los montones de pasto alrededor del eje. La altura del cono puede ser igual o inferior a la altura del poste central o eje, pues depende también de la cantidad de material disponible y del grado de compactación logrado. Lo mismo si se varía (amplía) el diámetro del círculo.

Cuando todo el material está acomodado en el cono, se pasa el rastrillo para que la superficie expuesta quede lo más lisa posible y que el agua, en caso de lluvia, resbale y no ingrese al interior del cono. También, con ese mismo fin y el de asegurar el material en el cono, se amarra con mecate en forma circular. Finalmente, en la parte superior se coloca una lata, olla o plástico para evitar también la entrada de agua por el extremo superior. Opcionalmente, el cono puede sellarse herméticamente con un plástico, lo cual es necesario si el cono se implementa durante el veranillo.

Se recomienda construir una zanja de drenaje de 20-30 cm de ancho y 20-30 cm de profundidad con escurridor, para impedir que el agua moje la base del cono en caso de lluvia.

Manejo, uso y análisis económico de la tecnología

Para experimentar con esta tecnología, dando continuidad a otros trabajos del CATIE (CATIE/PRONORTE, 1991; Morales, 1992), se construyeron en Nicaragua seis conos y en Guatemala uno, en 1992. Los materiales que se conservaron en los conos fueron el pasto jaragua, y en cantidades menores el pasto guinea (*Panicum maximum*), o una combinación de los dos.

En Nicaragua, los conos forrajeros tuvieron un volumen promedio de 1,7 m³, variando de 0,5 m³ a 3,2 m³ (Cuadro 2). Para construir un metro cúbico de cono forrajero se necesitaron 2,5 jornales de mano de obra, que se ocupó en cortar el poste central y los estacones, y en cortar, voltear, acarrear y colocar el forraje. En esta última actividad se gasta más tiempo que en las otras tareas porque el material debe ir compactándose. La mano de obra fue aportada en su totalidad por la familia.

Cuadro 2 Necesidades para construir conos forrajeros (Nicaragua); con base en conos promedios y en base a un metro cúbico (promedios y desviación estándar).

Nicaragua (n = 6)	
Por cono forrajero	
Volumen (m ³ /cono)	1,7 (1,1)
Forraje deshidratado (kg/cono)	470 ² (330)
Mano de obra (jornal/cono)	3,7 (1,9)
Poste central ¹	1
Estacones ¹	12
Por metro cúbico	
Forraje deshidratado (kg/m ³)	276 (26)
Mano de obra (jornal/m ³)	2,5 (0,6)

¹ Independientemente del volumen del cono forrajero se necesitan 1 poste central y 12 estacones, lo cual indica una mayor eficiencia en conos más grandes.

² Pasto con un contenido aproximado de 65% de humedad, lo cual equivale a cortar 580 kg de pasto con 80% de humedad (se asume pérdida de 15% de humedad en el secado). Asumiendo que la producción de jaragua en la estación lluviosa es de 7500 kg/ha en condiciones de baja productividad (CATIE/PRONORTE, 1991), esa cantidad se obtendría de la corta de aproximadamente 770 m² del pastizal.

En el Cuadro 3 se muestra el rendimiento, los costos variables y el beneficio neto de un cono forrajero hipotético de un metro cúbico.

Cuadro 3 Presupuesto parcial de un cono forrajero con un volumen de un metro cúbico.

	Nicaragua
Rendimiento	
Forraje deshidratado (<i>kg/m³</i>)	276
Pérdida (10%)	28
Heno del cono (<i>kg/m³</i>)	248
Precio del heno (<i>US\$/kg</i>)	0,085
Beneficio bruto (<i>US\$/m³</i>)	21,08
Costos variables (<i>US\$/m³</i>)	
Forraje deshidratado (<i>276 kg x 0,038 US\$</i>)	10,49
Mano de obra (<i>2,5 jornal x 1,60 US\$</i>)	4,00
Poste central (<i>1 poste x 0,80 US\$</i>)	0,80
Estacones (<i>12 estacones x 0,08 US\$</i>)	0,96
Costo variable total	16,25
Beneficio neto (<i>US\$/m³</i>)	4,83
Relación beneficio neto/costo variable	30%

Como punto de partida se asumió una pérdida normal del 10% del forraje henificado, resultando en un rendimiento de 248 kg/m³; no obstante, en un cono forrajero implementado en Limay, Nicaragua, se reportaron pérdidas del 20% por pudrición y desperdicio (CATIE/PRONORTE, 1991). Por consulta efectuada a los coejecutores del Proyecto Agrosilvopastoril que implementaron la tecnología, se concluyó que un kilogramo de heno conservado en un cono forrajero costaría US\$ 0,085, contra el costo del forraje verde deshidratado en la época de abundancia de pastos (antes de conservarse en el cono forrajero), que tiene un valor de US\$ 0,038 por kilogramo y representa el costo variable más alto en la construcción. De esta relación se deriva que el beneficio bruto es de aproximadamente US\$ 21,00 por metro cúbico. El costo variable total de un metro cúbico de cono forrajero fue aproximadamente US\$ 16,25. Es importante mencionar que los costos de la madera usada (postes y estacones) representan el 10% de los costos totales, sin embargo fueron costos fijos que resultan en costos relativamente más bajos a medida que el volumen del cono aumenta, y se rescatan por un número de años. Además se encontró una tendencia a la economía de escala con respecto a la mano de obra necesaria para la construcción de un cono forrajero, pues ésta disminuyó por metro cúbico con aumentos en el volumen del cono. El beneficio neto fue

de aproximadamente US\$ 5,0 por 1 m³. A partir de los costos de oportunidad, se concluyó que la tecnología es rentable, ya que se genera el 30% extra por cada unidad monetaria invertida, según la metodología de cálculo empleada.

Sin embargo, se debe mencionar que puesto que ningún productor utilizó plástico para sellar herméticamente el cono forrajero, todos los materiales usados para la construcción, así como la mano de obra, básicamente estaban disponibles en la finca, significando que el productor no necesitó efectivo para implementar esta tecnología. Este es un atributo muy importante para el grupo de pequeños y medianos productores de bajos ingresos para quienes se recomienda la tecnología.

En Nicaragua, el material del cono forrajero fue utilizado durante el mes de abril (de 5 a 15 días) para alimentar vacas en producción y animales jóvenes, en promedio 6,6 unidades animal. Cada unidad animal, en promedio, recibió 9,2 kg de heno (35% de materia seca) por día durante ese período.

Un cono forrajero de 1,5 m³ es relativamente pequeño considerando que los pequeños productores con los que trabajó el Proyecto Agrosilvopastoril tienen en promedio 13,2 unidades animal a los cuales deben complementar la alimentación durante la época de escasez crítica de alimento. Un cono con ese volumen (370 kg asumiendo 10% pérdidas) alcanza para alimentar una unidad animal con 9,0 kg de heno durante 41 días o 13,2 unidades animal durante 3 días. Esto indica que los conos deben ser más grandes, lo cual se logra manteniendo la altura y ampliando el diámetro desde la base. Con un diámetro de 3 m y una altura de 2,5 m se logra un volumen de cerca de 6 m³, lo que significa 1500 kg, lo cual da para 167 unidades animal/día, a razón de 9 kg/día. Por otra parte, es importante destacar que este material, por ser de mejor calidad que el rastrojo, siempre usado como complemento, puede brindarse a los animales con una ración menor, utilizando otros elementos alimenticios al mismo tiempo. Si el complemento proveniente de un cono de 6 m³ se reduce a 4 kg/animal/día, el material alcanzará para 375 unidades animal/día.

4.3 Mejoramiento de rastrojos y suplementación

Los residuos de cosecha son importantes fuentes alimenticias para el ganado bovino durante la estación seca, debido a la baja disponibilidad de forrajes. Tradicionalmente se proporcionan a los animales en el área de cultivo,

a través del pastoreo directo. Esto, sin embargo, a menudo conlleva al sobrepastoreo y, sobre todo cuando se han implementado prácticas de conservación de suelos y agua, es preferible no recurrir al pastoreo directo, recogiendo a mano el material para ofrecerlo a los animales fuera de los campos.

Aparte de evitar la compactación del suelo y aumentar la eficiencia en el uso del material, esto permite también dejar cantidades adecuadas de rastrojos como cobertura del suelo (ver Sección 2.3.4). Es también conveniente mejorar la calidad del rastrojo, para lo cual se describe a continuación la tecnología de amonificación de rastrojo. También, en la misma línea de utilización de insumos (urea en este caso), se continúa posteriormente con una alternativa de suplementación con mezcla de sal común y urea, la cual se presenta secundariamente en relación a la amonificación de rastrojos. Estas dos tecnologías inciden directamente sobre el problema de la calidad de la alimentación del ganado durante la estación seca, y deben implementarse dentro del conjunto de alternativas existentes.

4.3.1 Amonificación de rastrojos

Es una alternativa de gran utilidad en la alimentación animal durante la estación seca, porque el tratamiento permite mejorar la calidad nutritiva de forrajes toscos, que son de alta disponibilidad en esta región, por ejemplo: olote, tuzas y rastrojos de maíz, frijol y sorgo, tradicionalmente usados en la alimentación del ganado vacuno en la estación seca. Aunque los bovinos a través de su sistema digestivo son capaces de utilizar estos materiales fibrosos en su alimentación, la mayoría de estos materiales en condiciones naturales no atienden las necesidades de los animales, específicamente debido al bajo consumo y al bajo aprovechamiento, pues se caracterizan por presentar bajas digestibilidades, bajos contenidos de proteína cruda y de minerales, y altos contenidos de lignina (Escobar y Parra, 1980; Van Soest y McCammon-Feldam, 1980). La utilización de algún tipo de tratamiento previo de estos materiales es indispensable y entre los tratamientos hasta ahora difundidos, la amonificación parece ser la de más fácil aplicación en la finca, ya que se realiza con urea disuelta en agua. En la siguiente sección se presenta un uso alternativo de la urea.

El efecto de la amonificación es aumentar la digestibilidad del material y de su contenido de nitrógeno como proteína bruta, pues después del tratamiento con urea, una parte de ésta se fija a carbohidratos estructurales. Por ejemplo, Dolberg *et al.* (1981) encontraron que la digestibilidad *in vitro* de la materia seca del rastrojo de arroz sin tratar, conteniendo 0,79% de nitrógeno, fue de 35,2%, mientras que la digestibilidad del rastrojo de arroz tratado con 5% de urea fue de 52,3% y el contenido de nitrógeno de 1,23%. En ese mismo ensayo, el autor observó que el contenido de nitrógeno aumenta a consecuencia del tratamiento con urea más el tiempo de reposo de 20 días; no encontró diferencia entre almacenar el material por 20 ó 40 días. También, Saadullah *et al.* (1981) encontraron que el contenido de proteína cruda de la paja de arroz tratada con urea al 5% incrementó desde 2,9 hasta 6,7% y la digestibilidad pasó de 56% a 64%. En términos generales, Van Soest y McCannon-Feldam (1980), indican que la amonificación puede duplicar el contenido de nitrógeno y aumentar considerablemente la digestibilidad de los residuos agrícolas fibrosos así tratados.

Metodología para amonificar 100 kg de rastrojos

Se recolectan y amontonan los rastrojos en un área de la parcela de cultivos (si es posible a la sombra), a fin de ser tratados por 15 a 40 días antes de utilizarlos en la alimentación de bovinos. Se debe decidir el tipo de almacenamiento que se usará con el rastrojo tratado, pues de esto depende el método de tratamiento.

Si el material se almacena en pilas o fosas como son las de hornos forrajeros, todo el rastrojo a tratar se extiende en un sitio limpio, en una capa de aproximadamente 10 cm de espesor; la cantidad de urea recomendada para amonificar 100 kg de rastrojos es 2,5 a 3 kg (Dolberg *et al.*, 1981 y Contreras, 1992). Posterior o previamente se prepara la solución de urea aproximadamente al 6%, es decir, se disuelven muy bien 2,5 a 3 kilogramos de urea en 50 litros de agua o proporciones similares según la cantidad a tratar. La solución se coloca en una regadera o bomba de mochila y se aplica uniformemente a esta primera capa de rastrojos. Realizado esto, el material está listo para ser recogido y almacenado, lo cual se realiza compactándolo. Así, 50 litros de la solución deben alcanzar para 100 kg de rastrojos.

Si el material va a almacenarse sobre el suelo cubierto con plástico (lo cual es la práctica más común), éste se separa en cinco fracciones y, siempre en un sitio limpio, se extiende una fracción de aproximadamente 10 cm de

espesor. Se prepara la solución de urea como se describió anteriormente y se usa una quinta parte sobre la capa de rastrojos extendida. Posteriormente, sobre la primera capa se extiende otra fracción, quedando del mismo espesor. Se repite la amonificación con otra quinta parte de la solución de urea. Esta actividad se repite tres veces más con el material y solución restantes, para así completar la amonificación.

La compactación es el paso siguiente y se hace con el objetivo de facilitar el cubrimiento del material con el plástico. Puede hacerse mediante personas caminando sobre el material o con un barril lleno con piedras o arena. Para sellar herméticamente el material tratado y evitar la volatilización de nitrógeno en forma de amoníaco, se utiliza un plástico de cinco a diez milésimas de grosor. Luego, el material se deja almacenado durante un mínimo de 15 días y un máximo de 40 días, tiempo suficiente para que ocurran las reacciones que mejoran la calidad nutritiva del rastrojo.

Antes de ofrecerlo a los animales, el material debe ventilarse por dos horas como mínimo, para permitir la volatilización del exceso de amoníaco. Se recomienda ofrecer una cantidad diaria de material fibroso equivalente entre 1% y 1,5% del peso vivo del animal, lo cual significa un consumo diario de entre 3,5 y 5,25 kg de rastrojos tratados para un animal de 350 kg de peso.

Manejo, uso y análisis económico de la tecnología

Además de los usuales rastrojos de maíz, sorgo criollo, frijol, tuza y olote, también algunos coejecutores del Proyecto Agrosilvopastoril trataron bagazo de caña (El Salvador) y pasto andropogón (Honduras). En este último caso, el productor mencionó que la amonificación le permitió aprovechar al máximo el pasto andropogón que se encontraba en avanzado estado de madurez después de la cosecha de semilla.

En el Cuadro 4 se presentan los insumos usados para el tratamiento de rastrojos con urea en tres países centroamericanos (promedio de Honduras, Nicaragua y El Salvador), utilizando el método de almacenamiento que consiste en cubrir herméticamente el material tratado con un plástico. La mano de obra incluye las actividades de recolectar, ordenar, apisonar, preparar y distribuir la urea y tapar el material.

Cuadro 4 Materiales usados en promedios por finca y por 100 kg de rastrojos tratados con urea para tres países (promedio y desviación estándar).

	Promedio (<i>n</i> = 30)
<i>Por finca</i>	
Rastrojo (kg)	460 (408)
Mano de obra (jornales)	2,5 (1,9)
Urea (kg)	13,4 (12,3)
Plástico (m ²)	16,6 (10,9)
<i>Por 100 kg rastrojo</i>	
Mano de obra (jornales)	0,7 (0,3)
Urea (kg)	2,9 (0,4)
Plástico (m ²)	5,4 (4,1)

En la parte inferior del Cuadro 4 se muestran los materiales necesarios para amonificar 100 kg de rastrojos. La variabilidad en la cantidad de plástico usada es notable y se debe a que en Nicaragua el plástico es un insumo relativamente más caro, por lo que los productores amonifican los rastrojos en partes, es decir, dividen el material en cantidades que pueden ser cubiertas por la cantidad de plástico disponible. En El Salvador, aunque el precio del plástico no es tan limitante, el manejo que se dio a los rastrojos fue similar al de Nicaragua. En Honduras se utilizó plástico suficiente para cubrir todo el rastrojo que se iba a amonificar de una sola vez, lo cual no es lo más recomendable ya que el material se amonifica en la medida que se proyecta utilizar 15-40 días después. Esto implica la necesidad de tener por lo menos dos pilas de rastrojo amonificado con diferentes fechas, una pila que se está usando y la otra que está en amonificación.

En el Cuadro 5 se observa el total de costos variables del tratamiento de 100 kg de rastrojos con urea, que en promedio para los tres países fue de US\$ 8,14; sin embargo, se debe enfatizar que la mayoría de estos costos no fueron costos reales para el productor. A la mano de obra se le dio el valor de jornal para actividades agropecuarias, no obstante el 100% de la mano de obra utilizada fue familiar y se ocupó en la época posterior a la cosecha de granos básicos, cuando la demanda es baja. Los rastrojos que se someten a tratamiento químico se cortan en los terrenos propios. Esto sugiere que el productor solamente necesitó desembolsar dinero en efectivo para la adquisición de urea y plástico, los cuales sumaron un costo real de US\$ 3,00 por 100 kg de rastrojos; de éstos el plástico fue el insumo más caro pero

puede utilizarse varias veces en una estación y guardarse para años siguientes. Una vez que se compra el plástico para tener dos pilas de 100 kg cada una en amonificación (US\$ 4,64 en promedio), el costo real de la tecnología se reduce al de la urea, que es de US\$ 0,70/100 kg. Es preferible, sin embargo, que la tecnología se implemente a mayor escala, amonificando de 300 a 500 kg de rastrojo en cada pila, teniendo dos o más pilas.

Cuadro 5 Cantidades necesarias y costos variables (en US\$) para la amonificación de 100 kg de rastrojos, en promedio para tres países.

Promedio (n = 30)	
Rastrojos (kg)	100
Costo por unidad (US\$/kg)	0,037
Costo 100 kg rastrojo (US\$)	3,68
Mano de obra (jornales)	0,7
Costo por unidad (US\$/jornal)	2,06
Costo mano de obra (US\$)	1,44
Urea (kg)	2,9
Costo por unidad (US\$/kg)	0,24
Costo urea (US\$)	0,70
Plástico (m²)	5,4
Costo por unidad (US\$/m ²)	0,43
Costo plástico (US\$)	2,32
Costo variable total (US\$)	8,14

En la medida que se aumenta el volumen de cada pila, se disminuye el tamaño del plástico requerido por cada unidad; en estos casos la experiencia indica que para pilas de 500 o más kg de rastrojo, con aproximadamente 3,5 m² de plástico/100 kg de rastrojo se logra una buena cobertura.

Del presupuesto parcial por país (Cuadro 6), y con base en los costos por kg de rastrojo tratado, que se obtuvieron de preguntar directamente al productor en cuánto vendería el material tratado, se concluye que el beneficio neto por cada 100 kg de rastrojos fue de 23%, lo cual indica, en términos puramente económicos, que es rentable. Sin embargo, por una parte la rentabilidad es mucho mayor si se consideran solo los costos reales y, por otra parte, y en lo que es característico de trabajar con pequeños productores, los precios del producto son en gran medida ficticios. Un análisis económico más

sólido debería fundamentarse en los beneficios obtenidos en producción de leche y carne y el bienestar del hato (por ej. disminución en mortalidad), lo cual no se hizo aquí.

Cuadro 6 Presupuesto parcial de la amonificación de 100 kg de rastrojos, para tres países.

	Promedio (<i>n</i> = 30)
Rastrojo tratado (<i>kg</i>)	100
Perdidas (10%)	10

Rendimiento (<i>kg</i>)	90
Precio rastrojo tratado (US\$/ <i>kg</i>)	0,111
Beneficio bruto	9,99
Costo variable total	8,14
Beneficio neto	1,85
Beneficio neto/costo variable	23%

En cuanto a la calidad nutritiva del rastrojo amonificado, en el Cuadro 7 se muestran valores de materia seca y proteína bruta de tres materiales antes y después del tratamiento con urea. En los tres casos, el contenido de proteína bruta en base seca del material tratado aumentó en promedio aproximadamente 95%. El valor de materia seca bajó ligeramente, producto de la humedad que induce la solución.

Cuadro 7 Valores de materia seca (MS) y proteína bruta (PB), de tres materiales fibrosos antes y después del tratamiento con urea (%).

Material	Sin tratar		Tratado	
	MS	PB	MS	PB
Tusa de maíz	87,74	2,40	84,62	7,26
Paja de frijol	92,81	4,92	85,86	8,91
Rastrojo de maíz	90,33	5,50	92,00	9,12

Los rastrojos amonificados fueron utilizados para alimentar en promedio 8,6 unidades animal con un consumo de 2,5 kg por día durante un período de 16 días (Cuadro 8). El consumo por animal/día varió desde 0,7 kg en Honduras hasta 4,8 kg en Nicaragua, en parte como consecuencia de las cantidades que se amonificaron. En el caso de Honduras, según algunos productores, el bajo consumo fue consecuencia de la baja palatabilidad del material, y creen que si se adiciona sal o melaza al rastrojo amonificado el consumo mejoraría (no se descarta la posibilidad de que los productores en Honduras no ventilaran adecuadamente el material tratado antes de ofrecerlo a los animales). Los datos del Cuadro 8 permiten calcular que, en promedio, las pérdidas de material fueron de 7,4%.

Cuadro 8 Utilización de rastrojos amonificados en promedio por país y regional (promedios y desviación estándar).

	Nicaragua (n = 5)	Honduras (n = 5)	El Salvador (n = 10)	Regional (n = 20)
Disponibilidad de rastrojos (kg)	1140,8 (406,7)	103,0 (34,5)	251,2 (175,1)	373,7
Unidades animal	10,8 (5,2)	8,8 (5,9)	7,4 (5,8)	8,6
No. días alimentación	19,1 (8,9)	15,7 (10,3)	14,9 (4,6)	16,1
Consumo (kg/día)	4,8 (0,7)	0,7 (1,0)	2,2 (8,8)	2,5

En Honduras y El Salvador se midió que vacas complementadas con rastrojo amonificado, por períodos de 15 a 22 días, mantenían su producción de leche. En Nicaragua, utilizando la cinta bovinométrica, se estimó que terneros complementados con rastrojo amonificado durante 25 días aumentaban en promedio 73 g de peso por día, lo cual es satisfactorio durante la estación seca.

En el Cuadro 9 se observa que los rastrojos amonificados son ofrecidos a los animales principalmente durante los meses de marzo y abril. Es la misma época en la que, según la caracterización realizada previo a la validación de esta tecnología, se utilizaban los rastrojos como heno en pie, es decir, los animales entraban a los campos de cultivos a consumirlo.

Cuadro 9 Epoca de utilización del rastrojo amonificado.

Mes	% de productores	
	Inicia	Finaliza
febrero	13,3	6,6
marzo	40,0	20,0
abril	40,0	46,7
mayo	6,7	26,7

Aunque de los resultados de utilización del Cuadro 8 puede inferirse que cada unidad animal recibió una cantidad equivalente al 0,6% del peso vivo (de materia seca) o al 0,7% del peso vivo de rastrojo amonificado (con un contenido de materia seca de 87,5%), este consumo puede ser mayor en los casos en que constituye un alto porcentaje del total de la ración diaria. Por ejemplo, un animal podría consumir el 1,0% de su peso vivo de materia seca por día, equivalente a 3,5 kg, esto implica que 400 kg de rastrojo amonificado (con 87,5% de materia seca) alcanzan para complementar la dieta de 100 unidades animal durante un día o la de una unidad animal durante 100 días. Asumiendo un hato de 7 unidades animal, esta cantidad alcanza para 14 días, apenas el período para que el material de una segunda pila de amonificación sea requerida.

Algunos datos de adopción

De las opiniones emitidas por 16 coejectores que amonificaron rastrojos con la asesoría del Proyecto Agrosilvopastoril, se obtuvo que:

- es una práctica sencilla y fácil de realizar (93,7%);
- los animales mantienen o aumentan ligeramente su producción (leche o carne) (62,5%);
- no hay pérdidas de material fibroso disponible en la finca (56,2%);
- en los primeros días el rastrojo amonificado es rechazado por el animal (31,2%), y
- se debe observar con cuidado la cantidad de urea a aplicar sobre el rastrojo (25,0%).

Ninguno de los coejectores conocía previamente esta tecnología y el hecho de que la consideren fácil de implementar en la finca es un gran avance

en el proceso de adopción. Esto puede ser así pues tradicionalmente los productores utilizan los rastrojos en la alimentación del ganado bovino en los meses secos, con la diferencia que ahora están mejorando la calidad de éstos y con el manejo que se da a los rastrojos se aprovecha al máximo la disponibilidad, evitando que el ganado lo desperdicie así como los efectos detrimentales del sobrepastoreo.

En Honduras y El Salvador un 70% de los productores a quienes se les transfirió la tecnología en la estación seca de 1992-93 la volvieron a implementar en la estación seca de 1993-94, por su propia iniciativa. Esta es una alta tasa de adopción considerando que el Proyecto Agrosilvopastoril trabajó con productores independientes y no realizó difusión masiva. También, en la región de Choluteca, Honduras, los técnicos del Proyecto LUPE programaron transferir la tecnología a más de 250 productores durante la estación seca de 1993-94, mostrándose así el interés de los técnicos por la amonificación de rastrojos. En Guatemala y Nicaragua, la tecnología ha tenido menor aceptación y adopción, lo cual se ha relacionado con problemas de escasez de agua para preparar la solución y de efectivo para la compra del plástico y la urea. Estas consideraciones indican algunas de las limitaciones de la tecnología, que deben tenerse en cuenta al transferirla.

La tecnología, por su misma sencillez, no ha sufrido adaptaciones al diseño original que se transfirió.

4.3.2 Suplementación

La suplementación en la nutrición animal consiste en mejorar el consumo de nutrientes de los animales, en situación o estación en que los del pasto u otras fuentes de alimentos no son suficientes.

Según Ruiz (1983), la alimentación suplementaria de animales en pastoreo es tanto la que se ofrece en la estación seca en respuesta a la escasez y baja calidad del pasto, como la que se ofrece en la estación lluviosa, cuyo fin es corregir una deficiencia nutricional específica.

La utilización de urea en suplementos para ganado bovino tiene dos objetivos (Maluf, 1984): sustituir la proteína natural para reducir el costo de la dieta sin perjudicar su valor nutritivo y aumentar el nitrógeno en las dietas a base de forrajes con bajos contenidos de proteína.

Para las regiones semisecas, el segundo objetivo es aplicable, porque en esas condiciones se busca el crecimiento y multiplicación de los microorganismos del rumen, para que el aprovechamiento de las forrajeras sea más efectivo. En caso de utilizarse follaje de leguminosas perennes, y amonificación de rastrojos, la suplementación directa con urea no es necesaria ni recomendable.

Suplementación con mezcla de sal común y urea

Esta es una modalidad de utilización de la urea en la alimentación animal y es usualmente empleada para suplementar forrajes de bajo valor nutritivo. Su utilización en la estación seca tiene como objetivo suplementar con nitrógeno no proteico la dieta de los animales en la temporada en que el déficit de este nutriente es mayor; se intenta con ello satisfacer los requerimientos de mantenimiento de los animales. No obstante, esta suplementación puede realizarse durante todo el año y, según Maluf (1984), durante la época de lluvias se obtienen mejores resultados debido a que las exigencias del animal por satisfacer son menores porque la calidad del forraje que ingiere es mayor.

Dentro de la secuencia de introducción de tecnologías, la suplementación con sal común y urea puede situarse después de la implementación de las otras alternativas que se presentan en este capítulo, en gran medida porque requiere de un grado de tecnificación que no todos los productores poseen, pero que podrán alcanzar al elevar su potencial productivo con las otras tecnologías.

La función de la sal común es servir como palatabilizante y vehículo para el consumo de la urea. Además restringe el consumo de la mezcla sal:urea, evitando de esta manera una ingesta excesiva de urea.

Las intoxicaciones con urea ocurren cuando la concentración de amonio (NH_4^+) excede los niveles tolerables por los tejidos del animal. La cantidad de urea necesaria para provocar una intoxicación aguda depende de varios factores: de la velocidad de ingestión, del pH ruminal (que varía según la fuente de carbohidratos ingerida) y a la adaptación del animal al consumo de urea. Por ejemplo, niveles de 0,45 a 0,50 g de urea por kg de peso vivo ingeridos en un corto espacio de tiempo, pueden provocar intoxicación aguda en animales no adaptados, mientras que animales adaptados previamente a consumos de urea no tóxicos pueden tolerar niveles 2 ó 3 veces mayores sin presentar síntomas de intoxicación. Se han registrado intervalos desde 25

minutos hasta 60 minutos entre la ingestión de urea y la muestra de los síntomas de intoxicación. Los animales intoxicados se muestran intranquilos, con temblores musculares y de piel, salivación excesiva, respiración acelerada y falta de coordinación, conforme pasa el tiempo se les endurecen las patas delanteras, caen postrados, y finalmente presentan tetania y muerte (Boin, 1984).

Para evitar intoxicaciones, aun con animales adaptados, es mejor mantener el consumo de urea en 0,18 g/kg peso vivo/día como máximo. Esto da una cantidad de 66 g/día como máximo para un animal de 350 kg de peso ya adaptado.

En Jutiapa, Guatemala, Sagastume (1991) comparó el efecto de varias dietas suplementadas con sal, urea, melaza y minerales, sobre el consumo voluntario y la ganancia de peso en novillos de 15 a 17 meses de edad. Concluyó que con la dieta guatera + mezcla sal común:urea (25:75) se incrementó ligeramente el consumo voluntario de guatera y se obtuvo la mayor ganancia de peso (379 g/animal/día). Además fue el tratamiento que presentó la mayor tasa de retorno al capital adicional invertido. En ese mismo estudio, se encontró que las pérdidas de nitrógeno en las mezclas sal común:urea aumentan con el tiempo, sin embargo, durante los tres primeros días son bajas (32% en base seca). Esto significa que la mezcla puede prepararse cada tres días para evitar pérdidas mayores.

Metodología de implementación

Para la implementación de esta tecnología, que consiste en la suplementación de una mezcla de urea y sal, a animales consumiendo forrajes fibrosos, en cantidades similares a las utilizadas por Sagastume (1991), con las cuales obtuvo el mejor consumo voluntario y la mejor ganancia de peso, fue necesario adaptar a los animales al consumo de la urea de la siguiente forma:

Paso 1: los primeros 3 días se dan 6,0 g de urea (25%) y 18,0 g de sal (75%) por cada 100 kg de peso vivo del animal.

Paso 2: del día 4 al día 10 se dan 12,0 g de urea (50%) y 12,0 g de sal (50%) por cada 100 kg de peso vivo del animal.

Paso 3: a partir del día 11 y en forma continua se ofrecen 18,0 g de urea (75%) y 6,0 g de sal (25%) por cada 100 kg de peso vivo de animal.

La mezcla de sal y urea se coloca en los saleros o recipientes en el lugar donde los animales pasan la mayor parte del tiempo.

Es importante tomar en cuenta las siguientes recomendaciones de manejo:

- si un día se deja de ofrecer la mezcla sal común:urea se deberá regresar al primer día de adaptación (paso 1);
- la urea se debe almacenar fuera del alcance de los animales (así como de los niños y lejos de los alimentos para humanos y otros) para evitar intoxicaciones, y
- que la falta de agua no sea crítica durante la estación seca, en las fincas donde se implemente esta tecnología.

Manejo, uso y análisis económico de la tecnología

La tecnología sal común:urea fue probada únicamente por coejecutores en Jutiapa, Guatemala para suplementar guatera (dos casos) y rastrojo de arroz (un caso). En las fincas donde se suplementaron los animales con sal y urea, la disponibilidad de agua en la estación seca no es crítica. Los tres productores que implementaron la tecnología en el verano 92-93 volvieron a hacerlo en el siguiente verano, por su propia iniciativa.

En promedio, se proporcionó la mezcla a un total de seis animales durante 70 días, que incluye el período de acostumbramiento con diferentes proporciones de sal y urea (Cuadro 10). Además se necesitó mano de obra familiar para pesar los insumos y alimentar los animales. Este es un trabajo que debe realizarse diariamente mientras se suplemente a los animales, pero no toma mucho tiempo considerando que son pocos animales y que además pasan la noche en un lote cerrado cerca de la casa. Por esta razón no se incluyó un costo de oportunidad para la mano de obra. Esta actividad, sin embargo, requiere de ciertos grados de previsión y el contar con una balanza.

Cuadro 10 Cantidad de insumos requeridos por bovino adulto (350 kg de peso) para suplementar con sal y urea durante un período de 70 días.

Período	Número de días	Insumo	Suplemento por día (g)	Necesidad total de suplemento (g)
I	3	Sal	63,0	189,0
		Urea	21,0	63,0
II	7	Sal	42,0	294,0
		Urea	42,0	294,0
III	60	Sal	21,0	1260,0
		Urea	63,0	3780,0

Para suplementar un bovino durante el período de adaptación y durante 30 días más se requiere en total 1,11 kg de sal común y 2,25 kg de urea, resultando en un costo de suplementación de US\$ 0,63 por animal (Cuadro 11), el cual representa un desembolso real pues el productor necesita comprar ambos insumos. Si el productor desea continuar suplementando durante toda la estación seca, el costo mensual por animal adulto será de US\$ 0,50, lo cual resulta en un costo de US\$ 3,00 por animal por 180 días.

Cuadro 11 Costos variables de la suplementación por animal adulto para un período de 40 días.

Período	Insumo	Necesidad total (g)	Precio (US\$/kg)	Costo total (US\$/animal)
<i>Adaptación (10 días)</i>	sal	483,0	0,08	0,04
	urea	357,0	0,24	0,09
				0,13
<i>30 días</i>	sal	630,0	0,08	0,05
	urea	1890,0	0,24	0,45
				0,50

Se espera que el productor recupere este costo adicional con un rendimiento extra en peso vivo o en producción de leche o, al menos, que los animales no desmejoren su estado físico durante los meses secos y que el porcentaje de mortalidad sea menor comparado con la estación seca sin suplementación con sal y urea. Para esta tecnología no fue posible medir la

diferencia en producción. De los propios agricultores se obtuvo información de que los animales suplementados con sal y urea aumentaron ligeramente la producción de leche y que los animales no perdieron peso. Sin embargo, los coejecutores también manifestaron cierto recelo en cuanto a manipular la urea, considerando que debe hacerlo una persona muy responsable y capacitada adecuadamente. Esta tecnología puede utilizarse durante todo el año y de los resultados, a nivel de producción de carne o leche, el productor decidirá cuánto tiempo utilizarla. Los tres coejecutores consideraron no utilizarla en la estación lluviosa porque la disponibilidad y calidad de los forrajes es mejor.

4.4 Mejoramiento y manejo de pastizales

El mejoramiento de pastizales puede obtenerse con la aplicación de varias tecnologías, entre las cuales se incluye la sustitución del pasto en una pradera de pasto natural, la asociación del pasto con leguminosas, o el establecimiento de parcelas silvopastoriles (árboles forrajeros y pastos).

Para mantener o incrementar la producción de carne y leche en áreas marginales del trópico semiseco se debe considerar, entre otros factores, promover y fomentar el mejoramiento de pastizales a través de la introducción de especies mejoradas que cumplan los siguientes requisitos: tolerancia a las condiciones de clima y limitaciones de suelo de la región (distribución errática de las lluvias, sequía y suelos erosionados e infértiles); y que necesite pocos insumos para el establecimiento y el crecimiento, para que económicamente estén al alcance de pequeños y medianos productores.

Uno de los aspectos más importantes del establecimiento y uso de pastizales mejorados, es cosechar el forraje bajo un sistema de explotación que impida el agotamiento de las reservas nutritivas para el rebrote y crecimiento. Para las condiciones del trópico semiseco, el área total de pastoreo debe dividirse en mayor número de potreros que los usuales, que son solo uno o dos, y adecuar la carga animal a la producción estacional de los pastos, con el fin de utilizar una combinación de carga animal, ocupación y descanso que permitan la producción sostenible de la pradera, obviamente junto con mayor control técnico de la explotación (por ej. control de malas hierbas y fertilización). El tiempo de ocupación de cada potrero debe ser menor que siete días para evitar que los animales consuman los rebrotes. Una recomendación práctica es retirar los animales del potrero cuando los pastos tienen unos 10 cm de altura.

4.4.1 Establecimiento del pasto *Andropogon gayanus*

El pasto *Andropogon gayanus* es una gramínea que en diversas investigaciones se ha mostrado promisorio en los sistemas agropecuarios de varias ecorregiones tropicales. Es conocido en Guatemala como ICTA-REAL, en Honduras como otoreño-1, en Nicaragua como gamba y en El Salvador como carimagua.

Su alto potencial forrajero para el trópico semiseco se debe a que sus características le permiten sobrevivir durante largos períodos en la estación seca manteniendo sus hojas verdes. Además tiene la capacidad de reiniciar rápidamente el crecimiento con el inicio de las lluvias. Crece bien en un amplio rango de tipos de suelo y regiones comprendidas entre el nivel del mar y 2600 msnm (mostrando un crecimiento más vigoroso entre el nivel del mar y 1000 msnm) con precipitaciones que oscilan entre los 400 y 1500 mm (CIAT, 1990).

Otras características son los relativamente bajos requerimientos de nitrógeno y fósforo, la tolerancia a la quema, la resistencia a plagas y enfermedades, la compatibilidad con leguminosas y la alta producción de semillas. El CIAT (1990) reporta que la producción de semilla pura oscila entre 65 y 120 kg/ha/año; en la estación experimental del CIAT en San Isidro del General, Costa Rica, se obtuvieron rendimientos de 209 kg/ha de semilla con 35% de pureza (CIAT, 1991).

Es una especie perenne que crece formando macollas hasta de 50 cm de diámetro y alcanza una altura de 1-3 m. Produce un buen número de hojas y tallos. Es de raíces profundas y extensas. Florece en los meses de octubre a febrero. Tiene una alta producción de forraje, por ejemplo, en Nigeria, bajo las condiciones de clima de sabana, se han reportado producciones desde 1,3 hasta 13,9 t/ha/año de materia seca (CIAT, 1990).

El pastoreo del pasto andropogón puede realizarse bajo diferentes sistemas, inclusive pastoreo continuo, siempre y cuando la carga animal sea adecuada. En regiones de sabana en Nigeria, con precipitaciones entre los 700 y 1200 mm distribuidos en 5-6 meses del año, de Leeuw (1971), citado por CIAT (1990), reporta que animales pastoreando andropogón sin fertilizar, ganaron 490 g/animal/día con una carga de 1-2 animales/ha. En investigaciones realizadas por el CIAT (1990), se ha encontrado que la ganancia de peso por animal en pastoreo puede alcanzar los 120 kg por año,

con una carga animal de 2 animales/ha durante la estación lluviosa y de 1 animal/ha durante los meses secos.

La siembra del pasto puede hacerse con semilla o en forma vegetativa, utilizando partes de las macollas. La siembra con semilla puede hacerse al voleo utilizando 20 kg/ha de semilla limpia no clasificada. También puede sembrarse en surcos a una distancia de 1 m entre surcos (SRN, 1992). Se ha reportado que un problema que limita el establecimiento de pastizales de *Andropogon gayanus* en los suelos de los Llanos (Colombia) y los Cerrados (Brasil) son las hormigas, de los géneros *Acromyrmex* y *Atta*, que cortan las hojas emergentes del pasto dificultando su desarrollo. Estos problemas son menos factibles en suelos menos húmedos, aunque de presentarse en forma seria se requiere el cambio de pastizal a cultivos por algunos años.

Metodología de establecimiento y manejo de la pastura

El establecimiento del pasto andropogón en suelos pedregosos o de topografía quebrada, como los de la región semiseca centroamericana, se realiza con la mínima preparación de suelo. Esta consiste en no removerlo para evitar exponerlo a la erosión y reducir las pérdidas de agua. En estos casos solo se practica la limpieza manual (chapia) o la limpieza química (con la aplicación de herbicidas). En regiones marcadas por sequía estacional, el CIAT (1990) recomienda preparar la tierra al final de la estación lluviosa, seguida por la siembra a inicios de la estación lluviosa siguiente. Esta práctica permite mejores condiciones de fertilidad de suelo y además parece que reduce la población de hormigas que destruyen las hojas del pasto.

Por el tipo de suelos, se utilizó la siembra en surcos, para lo cual se prepararon hileras de postura de semillas distanciadas por 30 cm y con una distancia entre surcos de 50 a 90 cm. Se recomienda una profundidad de siembra de 2 a 4 cm. En la siembra en surcos lo ideal es aplicar entre 120 y 140 kg/ha de triple superfosfato y de 15 a 20 kg/ha de potasio al momento de la siembra y una fertilización nitrogenada de 20 kg/ha cuando las plantas tienen una altura de aproximadamente 20 cm (SRN, 1992). Aunque el pasto se adapte a condiciones de baja fertilidad de suelo, se recomienda realizar una fertilización de mantenimiento una vez al año.

La utilización del pastizal puede iniciarse entre 6 y 8 meses después del establecimiento, con una carga animal adecuada (no más de 2 animales/ha). Si se desea cosechar semilla, el pastizal no debe pastorearse, sino que debe

permitirse su desarrollo hasta la madurez fisiológica, cuando produce semilla. La cosecha de semilla puede realizarse manualmente 35 a 45 días después del inicio de la floración y someterse a prelimpieza y secado. Después de la cosecha de semilla el material vegetativo puede utilizarse como forraje, preferiblemente amonificándolo.

Manejo, uso y análisis económico de la tecnología

El establecimiento del pasto andropogón fue una de las tecnologías de mayor impacto entre los coejecutores del Proyecto Agrosilvopastoril, debido a las características fisiológicas y agronómicas que lo hacen apto para desarrollarse en condiciones difíciles. El proceso de validación se inició con la aceptación de los productores de evaluar el pasto en áreas pequeñas, y en condiciones críticas de fertilidad del suelo. Posteriormente se interesaron en incrementar el área, convencidos por el comportamiento agronómico del pasto bajo las condiciones de la región. Las características más frecuentemente mencionadas por los productores fueron: buen desarrollo en suelos "malos" (pedregosos, laderas, etc.), resistencia a la sequía pues se mantiene verde y más suave que el pasto jaragua avanzada la estación seca, relativamente resistente a la quema, rebrota rápido, no parece presentar problemas de plagas y buena producción de semilla.

Once agricultores en Guatemala establecieron parcelas con un promedio de 625 m², con el objetivo inicial de observar su comportamiento agronómico y obtener semilla, la cual utilizaron para incrementar el área de este pasto el año siguiente, además dejaron pastorear los animales después de la cosecha. La mano de obra e insumos utilizados para el establecimiento y cosecha de semilla del área promedio fue de aproximadamente US\$ 10,00. Para los productores, por el uso de mano de obra familiar, los desembolso reales al primer año los constituyen compra de la semilla y, eventualmente, agroquímicos (en caso de necesidad).

Se reportaron rendimientos de semilla prelimpiada de 13 kg promedio por parcela (lo que da 208 kg/ha). El precio en el mercado de la semilla es US\$ 2,83/kg; si el productor vende toda la producción de semilla, percibe un beneficio bruto de US\$ 36,79 por 625 m² de terreno sembrado con pasto andropogón (o US\$ 588,6/ha). La semilla cosechada se utilizó principalmente para el establecimiento de nuevas áreas y en menor cantidad para regalarla a amigos vecinos y para venta en la misma región, significando esto último un

ingreso extra al presupuesto familiar. Sin embargo, en la medida que el pasto se extienda en la región, el precio de la semilla bajará proporcionalmente.

En Nicaragua, seis cojecutores establecieron igual número de parcelas de pasto con un tamaño promedio de 1 150 m². El objetivo principal fue usar el terreno para pastorear los animales. Para esa área promedio necesitaron 1,4 kg de semilla a 1,74 US\$/kg y 2,5 jornales de 8 horas cada uno, a US\$ 1,60/jornal para la preparación del terreno, siembra y cosecha. Los costos variables totales para el establecimiento del pasto fueron de US\$ 6,44 por 1150 m² (o US\$ 56/ha). En estas parcelas se encontró que el pasto andropogón a los seis meses (noviembre) medía en promedio 164 cm de altura y presentaba una cobertura media de 70,8%. Además, en el 66,7% de las parcelas la floración ocurrió en el mes de noviembre. En todas las parcelas los animales (adultos y jóvenes) pastorearon directamente y en una parcela se cortó la semilla obteniéndose un rendimiento de semilla prelimpiada de 23 kg por 0,16 ha (144 kg/ha).

En Honduras se estableció el pasto antropogón en sistemas silvopastoriles cuyos resultados se presentan en la Sección 4.4.3.

Algunos datos sobre adopción

El pasto es de gran aceptación y la adopción es muy alta, alrededor del 100%. A esto se agrega que la mayoría de los productores ampliaron el área con andropogón durante el segundo año y manifiestan gran interés de continuar ampliándola.

Considerando aspectos de difusión espontánea, en la finca de un cojecutor en Jutiapa, Guatemala, en la parte central del área sembrada con pasto andropogón se encontraron cortes dispares del mismo y en forma desordenada; el cojecutor manifestó que le estaban robando manojos de pasto con semilla. Otra manifestación ha sido que los cojecutores han notado el gran interés de los vecinos, los cuales llegan a observar el pasto y preguntan que dónde pueden conseguir la semilla. Actualmente, en la región, la demanda de semilla es considerable.

También en Guatemala, se dieron casos en que en el momento del establecimiento del pasto en el área de potreros, lo combinaron con maíz para aprovechar las tierras. Los productores reportan no haber tenido problemas, la cosecha de maíz fue normal y el pasto se desarrolló bien. En 1993, varios

coejecutores utilizaron andropogón como barrera viva, combinado con leucaena, madreño y/o barrera muerta de piedra, con la intención de utilizarlo como pasto de corte y no dejarlo producir semilla evitando de este modo que el pasto invada áreas dedicadas a cultivos.

4.4.2 Asociación de leguminosa forrajera con pasto de corte

La inclusión de las leguminosas como componente de las pasturas es importante en las regiones donde el nitrógeno (N) es limitante para el crecimiento de los pastos y se practica agricultura de bajos insumos. Constituye una alternativa a la aplicación de fertilizantes nitrogenados y además contribuye a aumentar el valor nutritivo de la gramínea debido a su aporte de N dentro del sistema, al tiempo que complementa directamente la dieta del animal.

La productividad en el sistema gramínea-leguminosa puede variar, según las especies utilizadas y el % de leguminosas, por factores relacionados a la fertilidad del suelo, nivel de fertilización, humedad, intensidad de la luz y temperatura. Sin embargo, los efectos de la asociación expresados en términos de incorporación de nitrógeno al suelo, contenido de nitrógeno del sistema y producción de materia seca son ampliamente conocidos (Whiteman, 1980; Crowder y Chheda, 1982).

En un experimento realizado en una región tropical, en el que se comparó la fertilización nitrogenada y la asociación del pasto king grass o taiwan (*Pennisetum purpureum* var. napier) con leguminosas (*Centrosema pubescens* Benth, *Galactia striata* Jacq. y *Macroptilium atropurpureum* D.C.) en la producción de carne, Lourenço *et al.* (1978), mencionados por Da Veiga (1990), encontraron que el pasto king grass respondió a cada incremento de 50 kg de N/ha/año alcanzando una producción de carne de 625 kg/ha/año con 150 kg de N y que la contribución de las leguminosas fue equivalente a la aplicación de 50 kg de N/ha, alcanzando una producción de carne de 371 kg/ha/año. Esos resultados indican que las leguminosas tienen menor capacidad que los fertilizantes nitrogenados para promover el crecimiento de las gramíneas, coincidiendo con Schalcher (1969). Sin embargo, en muchos casos la aplicación de N es impracticable por el alto costo, entonces, aunque el efecto sea moderado, los costos se limitarían al establecimiento y manejo de las leguminosas.

También es relevante mencionar que la asociación leguminosa-gramínea es una alternativa para reducir el problema de la escasez de alimento en la estación seca, ya que permite extender el pastoreo debido a que las leguminosas presentan alta digestibilidad y, algunas, mayor resistencia a sequía que algunas gramíneas (Crowder y Chheda, 1982).

Para la región semiseca, el objetivo principal de asociar pasto con leguminosa es mejorar la calidad nutricional de la ración, en este caso cuando se usa como alimento básico el pasto de corte king grass, que es el pasto de corte más utilizado en la región semiseca de Centroamérica debido a que su alta producción permite obtener excedente de forraje y reservarlos para tiempos críticos.

La variedad king grass Texas 25 presenta una mejor tolerancia a condiciones secas que la variedad común. Crece bien desde el nivel del mar hasta los 2000 msnm en tipos de suelo que varían desde franco-arenosos hasta franco-arcillosos, se adapta muy bien a suelos con acidez moderada, pero no resiste encharcamiento. Crece bien con precipitaciones de 1000 mm anuales y a una temperatura media de 24°C (SRN, 1992).

La leguminosa que se utilice en la asociación debe adaptarse a las condiciones climáticas de la región, un ejemplo es la leguminosa *Clitoria ternatea* (clitoria), que es una especie nativa de Latinoamérica, perenne y con crecimiento voluble. Produce forraje bajo condiciones áridas y subhúmedas (400 a 1500 mm de precipitación). Está adaptada a un amplio rango de suelos del tipo arenoso hasta franco-arcilloso, otras características son: bajos requerimientos de nitrógeno y fósforo, alta resistencia a condiciones de sequía, moderada resistencia a plagas y enfermedades, excelente palatabilidad y calidad nutritiva (aproximadamente 18% de proteína) (Flores, 1981).

Se puede asociar con king grass ya que crece cespitosamente, lo cual le permite crecer enredándose en el king grass, el cual utiliza como soporte y al momento de cortar el pasto se cortan juntos, sin generar mayor gasto de mano de obra. Ambas especies son clasificadas como especies adaptadas a climas tropicales seco-húmedo con 4,5 a 7 meses lluviosos ('t Mannelje, 1992).

Metodología de implementación y manejo

Se utilizó la metodología recomendada por la Secretaría de Recursos Naturales de Honduras (SRN, 1992).

Para el establecimiento del pasto, se prepara el suelo adecuadamente con labranza mínima y curvas a nivel. Se recomienda el siguiente sistema de siembra: dos surcos de pasto de corte seguidos de un surco de leguminosa clitoria. La distancia entre los surcos puede variar entre los 0,75 a 1,0 m.

La siembra se hace al inicio de lluvias porque requiere de condiciones adecuadas de humedad. Se utiliza preferiblemente semilla vegetativa de king grass a razón de 3 t/ha. Las estacas deben medir aproximadamente 50 cm de largo y poseer al menos tres yemas bien desarrolladas. Las estacas se colocan en cadena simple, pero antes de colocarlas, para evitar que se revienten, cada estaca se marca en dos o tres partes con un machete, sin cortarla totalmente. Después se colocan acostadas y se cubren con tierra.

La semilla de clitoria se deja durante 24 horas en un recipiente con agua antes de sembrarla, debido a que la semilla fresca no es apta para la siembra directa porque tiene cáscara gruesa y dura, lo cual impide una rápida absorción de agua. La semilla se siembra a chorrillo seguido en el surco correspondiente. Se necesita en torno de 1,5 a 2,5 kg/ha de semilla. Como se ve más adelante y para disminuir problemas de competencia, la leguminosa debe sembrarse por lo menos 15 días antes que el pasto.

El pasto y la leguminosa se dejan crecer juntos y se puede realizar el primer corte cuando el pasto ha alcanzado una altura de 1,5 a 2,0 m o a una edad de seis meses. Este corte es importante para que la planta desarrolle rápidamente macollas fuertes. La altura de corte debe ser de 10 a 20 cm del suelo.

Durante la estación lluviosa debe cortarse una vez que alcanza una altura de 1,20 a 1,50 m y durante la estación seca se deja que el pasto alcance alturas mayores. El material verde obtenido de los cortes puede utilizarse para alimentar directamente a los animales o conservarse en hornos forrajeros o como heno para la épocas de escasez de alimento.

Manejo, uso y análisis económico de la tecnología

Tres agricultores en Honduras establecieron la asociación leguminosa forrajera clitoria con pasto de corte king grass Texas 25, en áreas que en promedio midieron 300 m². Las parcelas fueron pequeñas porque eran campos de experimento y el trabajo es relativamente intenso en gasto de mano de obra. Por esa razón, esta tecnología se ha introducido en pequeña escala y con pocos productores, para permitir que sean ellos quienes deciden si la continúan usando, la amplían o la descontinúan.

En el Cuadro 12 se aprecia el desglose y total de mano de obra en jornales necesaria para establecer 300 m² de la asociación. Cosechar el pasto king grass es la actividad que más trabajo demandó. Además, la siembra del pasto requirió bastante mano de obra porque, preferiblemente, se deben plantar las estacas o esquejes de king grass utilizando sistema de siembra de labranza mínima en curvas a nivel.

Cuadro 12 Desglose de la mano de obra requerida para establecer la asociación de la leguminosa clitoria y el pasto king grass en siembra en contorno, en un terreno de 300 m² (en jornales).

Preparación de tierra	0,7
Siembra pasto corte king grass	1,3
Siembra leguminosa clitoria	0,8
Limpia	0,8
Cosecha pasto corte king grass	1,7

Total mano de obra (jornales/300 m²)	5,3¹

¹La mano de obra requerida es relativamente alta, pero se debe considerar que incluye: labranza de conservación, el tiempo que los productores caminan hasta la parcela, y que los productores están aprendiendo por lo que necesitan más tiempo.

Los insumos utilizados en el establecimiento de la asociación fueron únicamente las semillas de ambos forrajes, en cantidades de 111 kg de semilla vegetativa de king grass y 0,3 kg de semilla de clitoria para una parcela de 300 m². Estos costos más la mano de obra requerida sumaron un costo variable de aproximadamente US\$ 11,50 (Cuadro 13). La mano de obra fue el rubro de costos más grande. La inversión en efectivo para el agricultor que establece la parcela por primera vez es la compra de las semillas, en años posteriores cosechará y resembrará la semilla de leguminosa para mantener

el porcentaje de leguminosas, en caso de que el crecimiento no sea espontáneo (rebrote, semilla que ha caído al suelo).

Cuadro 13 Costo variable promedio de establecimiento de la asociación de la leguminosa clitoria y el pasto king grass en un terreno de 0.03 ha (en US\$).

Mano de obra <i>(5,3 jornales x 1,59 US\$/jornal)</i>	US\$ 8,43
Semilla	
King grass <i>(111 kg x 0,013 US\$/kg)</i>	1,44
Leguminosa clitoria <i>(0,3 kg x 5,17 US\$/kg)</i>	1,55
Total costo variable <i>(US\$/0,03 ha)</i>	11,42

En un caso se reportó el deshierbe durante la preparación del terreno y en otro, se usó fertilizante. La aplicación de un herbicida o fertilizante aumenta los costos variables y son desembolsos reales para el agricultor. El fertilizante nitrogenado es innecesario en la medida que la leguminosa aporta nitrógeno al pasto. La aplicación de fertilizante fosforado en el surco a la siembra es conveniente.

Los rendimientos de forraje verde y materia seca de la asociación se muestran en el Cuadro 14. Como es de esperarse, los rendimientos del king grass fueron mayores que los de la clitoria, y fueron además bastante altos, producto de la gran cantidad de material de siembra empleado. La asociación produjo más de una tonelada de forraje verde por 300 m². La baja producción de material verde de leguminosa posiblemente se debe a la infertilidad de los suelos y en algunos casos a que un productor sembró primero el pasto y la leguminosa semanas después, lo cual provocó que la leguminosa no pudiera desarrollarse bien. A raíz de esta experiencia, se debe recomendar a los productores que siembren la leguminosa al menos 15 días antes que el pasto.

Cuadro 14 Rendimiento de forraje verde y materia seca¹ de la asociación de leguminosa clitoria y el pasto king grass, obtenidos de 300 m² por año (en kg).

	Epoca lluviosa	Epoca seca	Total por año
King grass	857,5 (212,9)	442,5 (145)	1300 (358)
Leguminosa clitoria	99 (24)	45 (15)	144 (39)
Total	956,5 (236,9)	487,5 (160)	1444 (397)

¹Valores de materia seca entre paréntesis.

El beneficio bruto de la asociación está compuesto por el beneficio del forraje king grass y el forraje de clitoria. El forraje de la leguminosa es más caro debido a que su calidad nutritiva (referido al contenido de proteína y minerales) es mejor que la del king grass y a que es más difícil de producir. Los dos forrajes juntos resultan en un beneficio de US\$ 19,00 por 300 m² (Cuadro 15). Puesto que el costo de establecimiento es menor que el rendimiento, se puede concluir que la tecnología es rentable en sí misma. Sin embargo, la asociación no resulta en ingresos altos para el campesino porque raramente vende la producción de pasto king grass pues el forraje tiene poco mercado, sobre todo durante la estación lluviosa, en la que existe abundancia de otros pastos.

Cuadro 15 Presupuesto parcial de un potrero de 300 m² de asociación de leguminosa clitoria y el pasto king grass (en US\$).

Beneficio bruto	
King grass (1300 kg x 0,013 US\$/kg)	US\$ 16,90
Leguminosa clitoria (144 kg x 0,016 US\$/kg)	2,30

	19,20
Costo variable	11,42
Beneficio neto	7,78

La asociación king grass y clitoria parece ser una buena alternativa para solventar el problema de la alimentación en los meses críticos, ya que los rendimientos en calidad pueden ser superiores al del king grass sin asocio. Sin embargo, debe investigarse más esta y otras asociaciones con el fin de lograr conclusiones más sólidas y de mayor aplicabilidad, incluyendo la reducción en los costos de mano de obra y de insumos (por ej., siembra directa del pasto con semilla) en el establecimiento.

4.4.3 Sistemas silvopastoriles

Los sistemas silvopastoriles son una modalidad de los sistemas agroforestales, donde se desarrollan árboles y pastos manejados en forma conjunta, cuyo objetivo es incrementar la productividad de forma sostenible, supliendo además otros beneficios. En estos sistemas el objetivo a corto plazo

es la ganadería (alimentación, sombra, beneficios al pastizal), y el objetivo a mediano y largo plazo es la producción de leña, madera, y/o frutas u otros productos de los árboles. En esta sección se enfatiza el aspecto de beneficio al ganado bovino (ver Capítulo 3 para reseña de otras aplicaciones).

En los lotes silvopastoriles, los árboles modifican el balance energético, hídrico y de nutrientes del sistema, lo cual se refleja en la producción total, dada por el rendimiento de la pastura y el de los animales, pues la producción total de biomasa comestible en estos sistemas es usualmente mayor que la encontrada en pastos solos, debido a un mejor aprovechamiento vertical, tanto aéreo como subterráneo, que suponen una mayor captación de energía y nutrimentos. Además, el uso de leguminosas perennes contribuye con la fijación de nitrógeno y muchas especies arbóreas se asocian con micorrizas, lo que facilita la extracción de fósforo y agua del suelo.

El efecto de los árboles sobre los animales se da a dos niveles: a) como mejorador de las condiciones ambientales para los bovinos por la sombra que proveen. Por ejemplo, se han reportado diferencias de temperatura de varios grados entre áreas con sombra natural abundante y sin sombra, con el consiguiente aumento en las horas de pastoreo y ganancia de peso de los animales (Muller, 1989); y b) como mejorador de la ración animal, por el consumo de hojas, frutos y cortezas comestibles que los árboles producen.

En la región semiseca de Centroamérica, para los componentes arbóreo y gramínea de un sistema silvopastoril, deben considerarse especies adaptadas a las condiciones de clima y suelo de la región. Además, los árboles que se usan no deben ser muy susceptibles a los efectos de la compactación del suelo que ocasiona el ganado. Entre las especies arbóreas de uso múltiple, con potencial forrajero, que se desarrollan bien en la región destacan el madreño (*Gliricidia sepium*), el guácimo o caulote (*Guazuma ulmifolia*), el carbón (*Acacia pennatula*), y el jocote (*Spondias purpurea*). Como es lógico, la parte de la planta de mayor consumo de estas especies es el follaje; sin embargo, en el caso del jícaro o morro (*Crescentia alata*), que es muy corriente, el animal consume principalmente los frutos (ver Cuadro 3 del Capítulo 3 para una lista más extensa de especies).

El Proyecto Agrosilvopastoril promovió la utilización del madreño, una leguminosa perenne, en parcelas silvopastoriles, porque es una especie versátil en cuanto a funciones y productos. En cuanto al valor nutritivo del follaje del madreño, Rodríguez (s.f.), reportó contenidos de 25,1% y 21,6% de materia

seca y proteína cruda, respectivamente, y una digestibilidad *in vitro* de 59,2%. Aunque se han detectado problemas de palatabilidad en caprinos y bovinos (Rodríguez, s.f. y CATIE 1991), en tres fincas de coejecutores del Proyecto Agrosilvopastoril, en las que se ofreció 4,6 kg/día de follaje de madreado a vacas lactantes, durante 15 días, no se observaron problemas de palatabilidad.

En cuanto a las gramíneas, las más adaptadas y difundidas en la región son el jaragua (*Hyparrhenia rufa*), mozote (*Cenchrus ciliaris*) y, más recientemente, andropogón (*Andropogon gayanus*). El pasto jaragua es el más común en la región semiseca, produce aproximadamente 10 t/ha/año de materia seca. Es utilizado principalmente en pastoreo directo. El mozote es de alto potencial forrajero en regiones semiáridas. No exige suelos fértiles. Durante la estación lluviosa puede producir de 7 a 12 t/ha de forraje seco. Durante la estación seca mantiene un crecimiento activo, si tiene acceso a fuentes de agua subterránea (SRN, 1992). El pasto andropogón, es también de alto potencial forrajero en las regiones semisecas, se adapta a suelos ácidos y de baja fertilidad. Durante la época lluviosa produce entre 30 y 60 kg/ha/día de materia seca y durante la estación seca de 5 a 10 kg/ha/día (SRN, 1992), lo que puede significar más de 10 t/ha/año de materia seca.

Estos pastos no exigen un sistema específico de pastoreo siempre y cuando la carga animal sea adecuada, para no afectar la persistencia y favorecer la invasión de malezas. Para la región semiseca, la carga animal recomendada es hasta 2 unidades animal/ha en la estación lluviosa y de 1 a 1,5 U.A./ha durante la estación seca (SRN, 1992). Las prácticas de rotación de potreros deben también mantenerse en los sistemas silvopastoriles.

Metodología de implementación y manejo

Las parcelas silvopastoriles pueden establecerse sembrando al mismo tiempo el pasto y los árboles, o en áreas con árboles sembrados allí anteriormente, a veces con otros objetivos, o sembrando árboles en pastizales establecidos. Un aspecto crítico es que no se debe permitir la entrada de los animales a los terrenos hasta que los árboles estén de un tamaño tal que no sean fácilmente destruidos por los animales (por ramoneo excesivo y otros daños mecánicos). Esto conllevó a buscar lotes de árboles ya establecidos para implementar los sistemas silvopastoriles, lo cual no es siempre la alternativa más corriente (ver Sección 3.4 para otras estrategias).

Cuando se tienen áreas con árboles de uso múltiple ya establecidos, primeramente debe realizarse un inventario que permita identificar los árboles para efectuar el raleo, lo cual permite eliminar los árboles indeseables, mal formados o muy unidos, y en base a experiencias realizadas en sistemas de árboles con pasto, se recomienda dejar un distanciamiento mínimo de 3 m entre árboles, preferiblemente con mayor distanciamiento (entre 5 y 10 m) a menos que se deseen árboles pequeños para ramoneo. A veces se hace necesario sembrar plántulas de la especie arbórea más deseada para uniformizar la distribución. En estas parcelas puede, posteriormente al raleo, establecerse pastos adaptados a la región.

Las recomendaciones para la siembra de pasto andropogón se describieron en la Sección 4.4.1 de este documento. Para establecer el pasto mozote, las recomendaciones para preparación del terreno son las mismas. Se siembra al inicio de las lluvias, al voleo o por siembra en surcos distanciados por al menos 0,5 m. La cantidad de semilla necesaria varía entre 7 a 12 kg/ha de semilla prelimpia no clasificada. El pasto jaragua se siembra siguiendo similares recomendaciones, utilizando 10 kg/ha de semilla.

Después de siete meses del establecimiento de los pastos, puede obtenerse semilla y luego se permite el ingreso de los animales para pastoreo directo. Si no se desea producir semilla, el pastoreo o la corta pueden iniciarse antes, dependiendo del crecimiento del pasto.

Manejo, uso y análisis económico de la tecnología

La experiencia del Proyecto Agrosilvopastoril se basó en el establecimiento de parcelas silvopastoriles a partir de áreas con árboles de madreño (*Gliricidia sepium*) sembrados previamente con otros objetivos. De estas parcelas se obtuvo información del efecto de los árboles ya desarrollados sobre el pasto recién establecido. Por consulta a los propietarios, se estimó que la edad de los árboles era de alrededor de siete años. Como los árboles en el campo no tenían ningún patrón de siembra determinado, y se permitió además regeneración natural, la primera actividad que se realizó fue un inventario que permitió estratificar los árboles para posteriormente efectuar el raleo. Por otro lado, también quedaron algunos vacíos sin árboles en las parcelas, por lo que se tuvo que sembrar estacas para uniformizar la distribución de los árboles, a una distancia aproximada de 3 m entre árboles.

Para regular la sombra y así permitir un mejor crecimiento del pasto y para utilizar el follaje de los árboles, se realizaron dos podas por año. La primera se realizó antes de la salida de las lluvias (octubre), con el propósito de abonar el pasto y utilizar los rebrotes nuevos durante la época seca. La segunda se realizó en abril y el follaje se destinó para consumo del ganado. La altura de poda fue de 2 m para que los rebrotes tiernos no fueran alcanzados por los animales.

Se establecieron tres parcelas con un tamaño total de 1,3 ha, divididas en tres subparcelas de 0,8 ha con pasto andropogón, de 0,3 ha con pasto jaragua y de 0,2 ha con pasto mozote.

La mano de obra necesaria para establecer cada subparcela varió según el sistema de siembra del pasto. El pasto andropogón fue el que demandó más debido a que se sembró con el sistema de labranza mínima y en curvas a nivel, mientras que los otros dos se sembraron al voleo. Sin embargo, para los tres pastos, el gasto de mano de obra considerando el tamaño de las parcelas fue alto y se debió a que la mayor parte se gastó en la construcción de cercas, limpiar el terreno de piedras, sembrar prendones de madreaje y podar los árboles ya establecidos. Gran parte del trabajo se realizó durante la estación seca, cuando la demanda de mano de obra es menor.

En cuanto al comportamiento agronómico, en el Cuadro 16 se muestra que el mozote fue el pasto de mayor precocidad seguido del jaragua y del andropogón, sin embargo, fue el andropogón el que alcanzó mayor altura, seguido del jaragua.

Cuadro 16 Características agronómicas de los pastos.

Pasto	Cobertura (%)	Altura (m)	Días de desarrollo		
			Espigamiento	Floración	Madurez
Andropogón	88	2,75	106	115	131
Jaragua	90	1,70	103	115	125
Mozote	95	0,60	86	100	118

Los rendimientos de producción de semilla y forraje se muestran en el Cuadro 17. Se observa que la mayor producción de semilla pura se obtuvo con los pastos mozote y andropogón. La producción de forraje fue superior en el pasto andropogón, duplicando la producción del jaragua y cuadruplicando la del

mozote. Considerando tanto la producción de semilla como la producción de forraje verde, el pasto andropogón aparece como el más promisorio y además presenta otra característica muy importante para los productores de la región semiseca, que permanece verde hasta cuatro meses después de iniciada la estación seca.

Cuadro 17 Rendimiento anual de semilla y forraje de los pastos, extrapolados a una hectárea.

Especie	Semilla (kg/ha)		Forraje (t/ha)	
	campo	pura	verde	seco
Andropogón	446	107	68	22
Jaragua	169	51	36	12
Mozote	578	173	15	6

En el Cuadro 18 se muestra la biomasa estimada de una hectárea de madreado de siete años, las cuales se consideran bajas (CATIE, 1991). Una explicación es que los árboles habían pasado su período de crecimiento más rápido (la recomendación es sustituir los árboles de madreado cada 8-12 años; CATIE, 1991) y habían recibido poco cuidado durante varios años. Sin embargo, aun esta baja cantidad de leña (2 t) representa más del 50% de lo que consume por año una familia usando una estufa mejorada (CATIE, 1994b).

Cuadro 18 Producción de biomasa de madreado (*Gliricidia sepium*) de siete años de edad, después del establecimiento de pastos, extrapolado a una hectárea.

Especie de pasto	Densidad árboles/ha	Primera poda (t/ha) forraje			Segunda poda (t/ha) forraje			Total anual (t/ha) forraje		
		verde	seco	leña	verde	seco	leña	verde	seco	leña
Andropogón	688	2,37	0,66	0,74	3,20	0,98	1,20	5,57	1,64	1,94
Jaragua	989	3,46	0,97	1,07	4,64	1,39	1,70	8,10	2,36	2,27
Mozote	653	2,26	0,63	0,68	3,16	0,95	1,12	5,42	1,58	1,80
<i>Promedio</i>	<i>777</i>							<i>6,4</i>	<i>1,9</i>	<i>2,0</i>

En cuanto al efecto sobre la producción diaria de leche, se observó que las vacas que pastorearon los lotes silvopastoriles mantenían o aumentaban ligeramente la producción láctea.

Los costos y beneficios del establecimiento de lotes silvopastoriles no se calcularon porque se consideró que los costos de establecimiento de árboles de siete años de edad ya se han recuperado, por lo que el costo de establecimiento de las parcelas, en este caso, se limitó a los costos de establecimiento de los pastos.

Laínez (1993) indica que en las fincas donde se utilizan estos lotes silvopastoriles se encontraron las menores deficiencias de proteína del hato, puesto que los contenidos de proteína fueron de 7,82, 3,93 y 6,9% para los pastos andropogón, jaragua y mozote, respectivamente y de 21,21% para el forraje de madreño, resultados que confirman el aporte nutricional de los árboles forrajeros.

4.5 Consideraciones finales

Las dos estrategias principales, incrementar calidad y cantidad de alimento para la estación seca, se fundamentan en una gama de alternativas que abarca más posibilidades que las que se han incluido en este capítulo. Sin embargo, en términos generales, éstas se limitan a guardar alimento excedente de la estación lluviosa manteniendo grados considerables de calidad (ensilaje, henificación), mejorar la calidad del alimento más comúnmente empleado (amonificación de rastrojo) y aumentar la cantidad de alimento de calidad aceptable (guatera mejorada, pastizales mejorados y forraje de árboles).

Entre las anteriores alternativas, y en lo que representa una secuencia de introducción de tecnologías, destacan por su aceptación y facilidad de implementación el ensilaje por hornos forrajeros, la amonificación de rastrojos, la introducción de pastos mejorados (andropogón), y la siembra de leguminosas perennes como cercas vivas, en sistemas silvopastoriles y otras aplicaciones (ver Capítulo 3). Esta combinación de alternativas significa trabajar durante la transferencia de tecnologías empleando un enfoque interdisciplinario, considerando integralmente los diversos componentes de los sistemas agrosilvopecuarios, en este caso enfocados hacia un problema: la alimentación del ganado bovino durante la estación seca.

Aparte de un adecuado manejo de potreros, las otras tecnologías presentadas (henificación, leguminosas herbáceas en asocio con pastos y suplementación con sal y urea), se constituyen en una segunda línea en la secuencia de introducción tecnológica, siendo más útiles en circunstancias particulares o después de haberse implementado las otras tecnologías.

En todo caso, es necesario enfocar la problemática en su conjunto al igual que las soluciones, de manera tal que la optimización en el uso de los recursos disponibles sustituya en el mayor grado posible la carencia de medios para la compra de los insumos requeridos. Esto último, sin embargo, será eventualmente posible, en la medida que el productor maximice verdaderamente su potencial y pueda evolucionar de situaciones marginales a niveles de calidad de vida más acordes con los tiempos.

Referencias

- Boin, C. 1984. Efeitos desfavoráveis da utilização de uréia. *In: Anais do 2do. Simpósio de Nutrição de Bovinos*. Piracicaba. Brasil. pp. 25-79.
- CATIE. 1991. Madreado (*Gliricidia sepium*) especie de uso múltiple en América Central. Serie Técnica, Informe Técnico no. 180, CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- CATIE. 1994a. El horno forrajero: validación y utilización. Serie Técnica, Informe Técnico no. 221, CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- CATIE, 1994b. Estufas ahorradoras de leña para el hogar rural: validación y construcción. Serie Técnica, Informe Técnico no. 216, CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- CATIE/PRONORTE. 1990. La henificación en conos: una buena solución al problema de la escasez de pastos en el verano. Boletín divulgativo. Estelí, Nicaragua.
- CATIE/PRONORTE. 1991. Informe de labores del convenio CATIE/PRONORTE. Junio 1989-Diciembre 1990, CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1990. *Andropogon gayanus* Kunth. A grass for tropical acid soils. Toledo, J.M., R. Vera, C. Lascano y J.M. Lenné (eds.). Cali, Colombia.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1991. Avances en el desarrollo del suministro de semillas de especies forrajeras tropicales en Costa Rica y otros países. *In: Memorias del segundo taller*, Atenas, Costa Rica.
- Contreras, J. 1992. Evaluación de diferentes niveles de hidróxido de calcio y/o urea sobre el mejoramiento de la calidad nutritiva del rastrojo de sorgo en la alimentación de rumiantes. Tesis Ing. Agr. Universidad de San Carlos, Guatemala.
- Crowder, L.V. y H.R. Chheda. 1982. Tropical grassland husbandry. Essex, UK.
- Da Veiga, J.B. 1990. Utilização do capim-elefante sob pastejo. *In: Simpósio sobre capim-elefante*. Anais. Ed. Carvalho, L.M., M.M. Carvalho, C.E. Martins y D. Vilela (eds.). EMBRAPA, Brasil.
- Dolberg, F., M. Saadullah, M. Haque y R. Ahmed. 1981. Storage of urea treated straw using indigenous material. *Word Animal Review*, 38:37-41.

- Durr, P. 1992. Manual de árboles forrajeros de Nicaragua. MAG/COSUDE, Nicaragua.
- Escobar, A. y R. Parra. 1980. Procesamiento y tratamiento físico-químico de los residuos de cosecha con miras al mejoramiento de su valor nutritivo. *In: Estrategias para el uso de residuos de cosecha en la alimentación animal. Memorias de una reunión de trabajo efectuada en el CATIE, Turrialba, Costa Rica, 19-21 de marzo.* pp. 93-129.
- Flores, J. 1981. Bromatología animal. Ed. Limusa. México D.F., México.
- Harwood, R. 1986. Desarrollo de la pequeña finca. IICA. San José, Costa Rica.
- Lañez, G. 1993. Evaluación bovina de doble propósito en fincas bajo sistemas agrosilvopastoriles en Choluteca, Honduras. Tesis M.Sc., CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 1992. Informe sobre caracterización de leguminosas. Región I, Estelí, Nicaragua.
- Maluf, H.C. 1984. Uréia em suplementos alimentares. *In: Anais do 2do. Simpósio de Nutrição de Bovinos.* Piracicaba. Brasil. pp. 119-141.
- Mejía, N.A. 1993. Evaluación del componente bovino en sistemas de doble propósito, manejado bajo condiciones agrosilvopastoriles en Jutiapa, Guatemala. Tesis M.Sc., CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Morales, G. 1992. Fundamentos de alimentación, manejo y sanidad bovina. Guía de campo para el extensionista agropecuario. Serie Técnica, Informe Técnico no. 189, CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Muller, P.B. 1989. Bioclimatología aplicada aos animais domésticos. Editora Sulina. Porto Alegre, RS, Brasil.
- NRC (National Research Council). 1977. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. National Academy of Sciences. Washington, USA.
- Rodríguez, Z., J.E. Benavides, C. Chaves y G. s.d. Sánchez. Producción de leche de cabras estabuladas alimentadas con foliaje de madero negro (*Gliricidia sepium*) y de poró (*Erythrina poeppigiana*) y suplementadas con plátano pelipita (*Musa* sp. cv. pelipita). *In: Experimentos de respuesta animal con árboles forrajeros. Unidad de árboles forrajeros y rumiantes menores.* CATIE, Turrialba, Costa Rica.

- Ruiz, M.E. 1983. Suplementación de vacas lecheras en pastoreo. *In: Aspectos nutricionales en la producción de leche*, Andrés Novoa (ed.). CATIE, Turrialba, Costa Rica. pp. 23-66.
- Saadullah, M., M. Haque y F. Dolberg. 1981. La efectividad de la amonificación con urea en mejorar el valor nutritivo de la paja de arroz en rumiantes. *Producción Animal Tropical*, 6:31-38.
- Sagastume, I.L. 1991. Efecto de suministrar urea vía sal común como fuente de nitrógeno no proteico en dietas a base de guatera mejorada. Tesis Ing. Agr. Universidad de San Carlos. Guatemala.
- Schalcher V., L. 1969. Evaluación agronómica de algunas asociaciones gramínea-leguminosa para el trópico húmedo. Tesis M.Sc. IICA-CTEI, Turrialba, Costa Rica.
- SRN (Secretaría de Recursos Naturales). 1992. Alimentos para ganado. Boletín Técnico. Dirección General de Ganadería. Tegucigalpa, Honduras.
- 't Mannelje, L. 1992. Practical technologies for the improvement of pastures in Central America. The Atlantic zone programme. Phase 2 Report nr. 2. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Van Soest, P.J. y B. McCammon-Feldam. 1980. Criterios para la evaluación nutritiva. *In: Estrategias para el uso de residuos de cosecha en la alimentación animal. Memorias de una reunión de trabajo efectuada en el CATIE, Turrialba, Costa Rica*, 19-21 de marzo. pp. 7-19.
- Whiteman, P.C. 1980. Tropical pasture science. Oxford University Press. New York. USA.

Capítulo 5

HUERTOS CASEROS: una actividad productiva con amplia participación de la mujer

*Rosemary Nasser, Claudia Velásquez, Cecilia Velasco, Jazmina Rutz,
Eugenia Sánchez, Ana M. Castillo y Ricardo Radulovich*

En este capítulo se resume la experiencia del Proyecto Agrosilvopastoril del CATIE en huertos caseros, vistos como una actividad productiva en pequeña escala, generalmente adscrita al solar, que incluye componentes vegetales (anuales y perennes) y animales (especies menores), además del procesamiento de algunos productos. De esta forma, se pretende promover el enorme potencial de estos sistemas productivos, los cuales, precisamente por el aspecto de pequeña escala, se adaptan bien a la economía campesina, tanto para cubrir necesidades de autoconsumo, como para generar ingresos por la venta de los diversos productos.

5.1 Generalidades sobre huertos caseros

En la región rural semiseca de Centroamérica, el cuidado del huerto casero y de las especies menores, dentro de un contexto de huerto mixto, constituyen parte del trabajo realizado por la mujer para el beneficio familiar, y es considerado por ella misma como quehacer doméstico porque lo efectúa alrededor de la casa. El huerto, sin embargo, a menudo brinda beneficios más allá del autoconsumo, y sus productos pueden representar un significativo componente del ingreso familiar.

Esta dualidad entre autoconsumo y mercadeo fue caracterizada por Denen (1993), quien encontró en Choluteca, Honduras, que las aves domésticas son producidas para autoconsumo (solo el 7% es para la venta), mientras que los cerdos son básicamente para la venta (86%), porque un animal es muy grande para autoconsumo y solamente se dispone de uno cuando se sabe que los vecinos tienen interés en comprar carne o cuando hay

fiesta. Las hortalizas, frutas y otros productos de los huertos, aunque son producidos a pequeña escala, también generan ingreso por la venta. De hecho, en el mismo estudio, Denen encontró que la venta de frutas representa alrededor del 25% del ingreso familiar y que una proporción significativa es mercadeada por mujeres.

Uno de los objetivos de la promoción de los huertos caseros, que incluyen las especies menores, es fortalecer la participación de la mujer en la toma de decisiones y su posición dentro de los procesos productivos. Básicamente, a través de los huertos se espera que la familia se provea mejor de alimentos, en cantidad y calidad, y se contrarresten así las deficiencias nutricionales que presenta la población (Ulate y Muñoz, 1994), a través de la diversificación de alimentos en la dieta básica a un menor costo. Evidentemente, otro objetivo fundamental es que la venta de productos genere ingresos a la familia, a la vez que se introduce una mayor oferta de estos productos en el mercado.

En un sentido tradicional, el huerto casero puede definirse como la porción de tierra cerca de la casa de habitación (el solar), de acceso fácil y cómodo, en la cual se cultivan o mantienen múltiples especies que proveen parte de las necesidades nutricionales de la familia, así como otros productos como leña y medicinales.

Entre otros, Dupriez y De Leener (1984), Dubois (1985) y Geilfus (1989) citan las siguientes funciones de los huertos caseros:

económica: proporcionan una serie de productos, así como ingresos adicionales tanto por la venta de productos alimenticios excedentes como de otros productos de uso medicinal o artesanal, y disminuyen la necesidad de comprar los productos que sustituyen o proporcionan;

ecológica: los cultivos perennes que los componen modifican el ambiente (dan sombra, funcionan como rompevientos, mejoran la infiltración de agua y producen biomasa que se transforma en humus) creando de este modo un microclima que permite mantener una variedad más amplia de especies;

agrícola: el material de algunas especies allí cultivadas sirve de forraje y abono (en el caso de las leguminosas) y como mejorador del suelo cuando cae, propiciando un mejor desarrollo de otras especies, además de que en los huertos los productores experimentan con cultivos y prácticas innovativas; y

social: el embellecimiento y la regulación del ambiente en torno a la vivienda son elementos importantes para la familia. La parte del huerto casero frente a la casa a menudo está sembrada con flores y otras plantas ornamentales que embellecen la entrada, y alrededor de la casa es común encontrar árboles que proveen sombra y otros usos sociales.

En la Figura 1 se muestra una vista aérea de un huerto casero idealizado, adscrito espacialmente al solar.

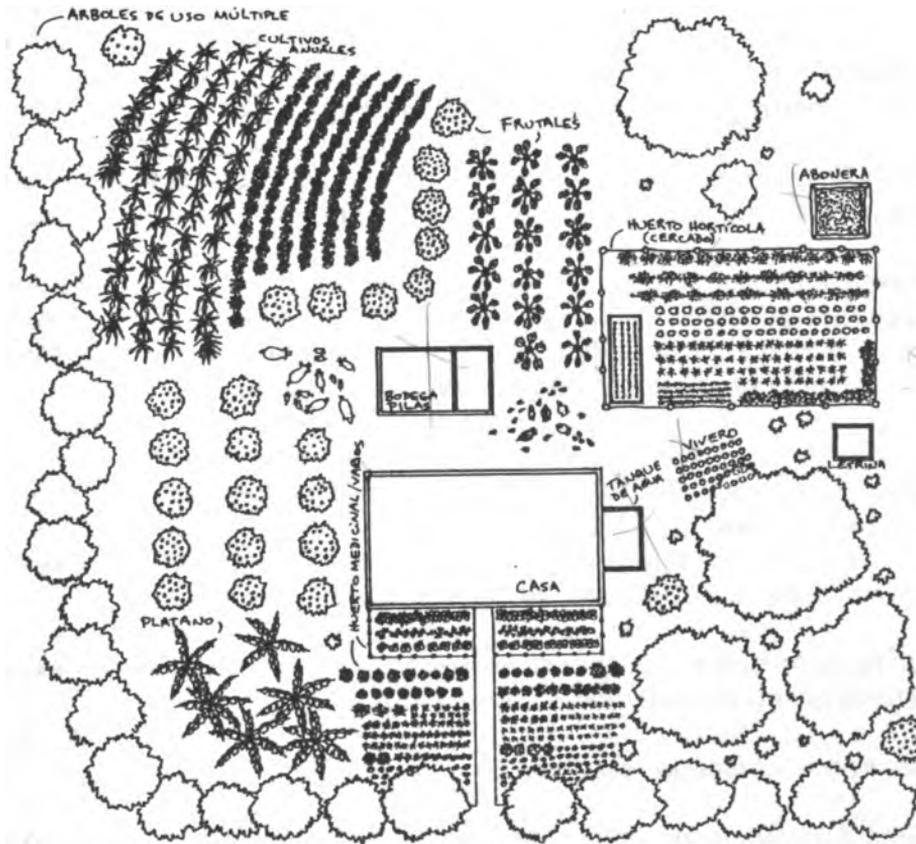


Figura 1 Vista aérea de un huerto casero idealizado, en el cual se combina una gama de especies vegetales anuales (hortalizas, cultivos agronómicos, medicinales, especies) y perennes (frutales, árboles de uso múltiple, otros) con especies animales menores (aves, cerdos).

Más ampliamente, los huertos caseros están definidos como sistemas agroforestales que no se circunscriben estrictamente al solar, donde existe una mezcla de árboles frutales y de uso múltiple, arbustos, cultivos anuales y forrajeros, intensivamente cultivados por mano de obra familiar e incluyen también la crianza de animales domésticos (Fernández y Nair, 1986; Geilfus, 1989; Kass, 1991). En este sentido, el huerto casero puede verse como una actividad dinámica más que como un área definida, de aquí que varían en tamaño, número y tipo de especies y en la estructura de los mismos, y son el resultado de las condiciones agroecológicas, del espacio disponible y de aspectos sociales, culturales y económicos (Soemarwoto *et al.*, 1975). No obstante, cuando los huertos se relacionan con el trabajo de la mujer, están tradicionalmente limitados al entorno de la casa, área en la cual la mujer dedica gran parte de su tiempo laboral (Lubbers, 1993).

Con base en lo anterior, el fortalecimiento del papel de la mujer en esta actividad productiva se logrará básicamente a través de dos acciones:

- mediante la capacitación en el manejo integral del huerto, es decir, desde la selección de especies y su manejo hasta el destino de la producción, con el objetivo de mejorar los rendimientos del huerto al punto que permitan tener más y mejores productos para autoconsumo y venta, y
- fortaleciendo su participación en el mercadeo de la producción, debido a que el nivel actual de participación puede considerarse bajo. En el estudio realizado por Denen (1993), en Choluteca, Honduras, se encontró que la mujer vende únicamente el 30% del valor económico de las frutas comercializadas y el 33% del de las hortalizas.

En relación con el incremento en los rendimientos de los huertos caseros, deben tomarse en consideración varios aspectos:

Optima diversificación de especies

Esta diversificación optimizada permitirá la ampliación del huerto hacia cultivos mejor adaptados, de fácil manejo y con potencial comercial. En este sentido, debe fomentarse una mayor utilización de cultivos perennes enfatizando frutales, y de cultivos anuales mejor adaptados y de fácil manejo como soya, amaranto, gandul, yuca y camote; hortalizas únicamente en el caso de contarse con riego y capacidad de manejo y de inversión en insumos.

La asociación de cultivos de ciclos cortos con cultivos perennes es una manera de aprovechar al máximo posible el agua pues se obtiene la cosecha de los cultivos de ciclo corto durante la estación lluviosa y la producción de frutas en la estación seca (Dupriez y De Leener, 1984). Sin embargo, debe notarse que un huerto de solo árboles frutales y otros árboles requiere poca mano de obra. La correcta selección en tipo y número así como el manejo de especies menores es un aspecto clave en la óptima diversificación de especies.

Es conveniente utilizar variedades mejoradas adaptadas a las condiciones marginales de la región y aceptables por los productores. Por ejemplo, en Jutiapa, Guatemala, en condiciones de investigación adaptativa, el Proyecto Agrosilvopastoril evaluó el rendimiento y características agronómicas de 10 materiales de gandul procedentes del ICRISAT y se encontró que el material ICPL-87, en monocultivo, presentó el mayor rendimiento de grano por hectárea (1,862 t/ha). Además, al evaluarse las cualidades culinarias resultó que el ICPL-83024 y el ICPL-85012 registraron el menor tiempo de cocción de vaina verde, de 55 minutos. Sin embargo, el último fue el de mejor aceptación por las familias productoras por sus características de suavidad y buen sabor (Paredes *et al.*, 1992). Este tipo de trabajo denota la necesidad de considerar a la familia campesina en la introducción de especies y prácticas productivas.

Desarrollo de actividades complementarias o paralelas

Puesto que los rendimientos dependen en gran medida de las condiciones climáticas, principalmente de la lluvia, la cual entre otras particularidades presenta gran variabilidad con sequía estacional, de no contarse con fuente de agua para riego es muy importante implementar técnicas de captación de agua¹, la cual se utilizará para regar los cultivos del huerto, sobre todo aquellos de más alta inversión y rentabilidad, como hortalizas y frutales. La captación de agua es también fundamental para brindarla a las especies menores.

Para contrarrestar el efecto de la falta de agua, puede mejorarse el aprovechamiento del agua de lluvia disponible, lo cual se consigue con prácticas como: zanjas de infiltración; el uso de coberturas del suelo; terrazas

¹Ver Radulovich *et al.*, 1994 y Capítulo 2 de este libro.

individuales; y camellones y barreras vivas o de piedra que reducen la escorrentía e inducen la infiltración de agua en el suelo (ver Capítulo 2). También, cercando los huertos con barreras de especies productivas (por ej. frutales), que además de proveer sombra sirvan como barreras rompeviento, se disminuye la erosión y secado causado por el viento (ver Sección 3.4.4).

Además, la producción de abono orgánico en aboneras, a partir de la utilización de materiales biodegradables de desecho tanto de la finca como del hogar, favorece la producción de los huertos caseros porque enriquece (con su contenido de nutrientes) y mejora la estructura física de la tierra, que se puede entonces usar para el establecimiento de los viveros y semilleros, en el transplante de árboles, y en general como abono.

Especies menores

La producción con especies animales menores en el sistema tradicional, donde los animales se dejan libres en el campo sin mayores atenciones ni controles, salvo alguna complementación o suplementación alimentaria, es mucho más sencilla pero al mismo tiempo es usualmente de baja productividad.

Mejorar técnicamente la productividad de estas especies en sistemas de producción de subsistencia es contradictorio, ya que a medida que se tecnifique el manejo, la competencia por los alimentos aumenta, específicamente por los granos básicos. Por ejemplo, construir instalaciones rústicas, además del costo de las instalaciones mismas, implica que los animales encerrados deben recibir una mejor alimentación para satisfacer sus necesidades nutricionales, mientras que libres se autoproveen parcial o totalmente de ellas diariamente². Además, se estaría recargando el trabajo de quien se encarga de cuidarlos, generalmente la mujer y los niños, lo cual puede ser indeseable.

Partiendo de este nivel de producción, con la sola implementación de una medida sanitaria (vacunación), que demanda poca mano de obra y relativamente baja inversión, se logra una gran mejoría en la productividad al reducirse sustancialmente la mortalidad. Es un hecho también que, en el caso de los cerdos, las mujeres los cuidan y alimentan y los hombres son los

²Una alternativa intermedia, sin embargo, es la estabulación a tiempo parcial.

encargados de comercializarlos, mientras que la mujer cuida y vende la aves en el mercado cuando considera que tiene muchas (Denen, 1993). De este modo, aún sin cambiar el rol de funciones de la familia rural, la mujer va a aumentar sus ingresos con solo la venta de las aves y/o huevos, y se economizará el costo de reposición de aves muertas debido a la(s) enfermedad(es) contra las que vacunó.

Conservación de alimentos

Finalmente, los métodos de conservación de alimentos constituyen una importante alternativa que permite mejorar el aprovechamiento de los productos del huerto casero por parte de las familias rurales, con el objetivo de que puedan consumir los alimentos almacenados en las épocas cuando la disponibilidad de éstos es baja y los precios del mercado altos. La conservación de alimentos representa además una importante actividad de agregación de valor a los productos de los huertos.

La aplicación de estas prácticas y recomendaciones permitirá fortalecer y en alguna medida ayudará a estabilizar la productividad de estos sistemas que tienen un gran potencial.

5.2 El huerto de vegetales

Un huerto de vegetales se inicia con la selección del sitio donde se van a establecer las diferentes especies alrededor del hogar. Se debe seleccionar en lo posible un terreno cerca del abastecimiento de agua y, en caso de no existir, se pueden implementar metodologías para la captación de agua. La ubicación del huerto respecto al sol y a los vientos dominantes debe ser favorable, es decir, establecerlo de modo que, en lo posible, se proteja del exceso de calor y vientos fuertes. Por lo general, sin embargo, los huertos ya se encuentran establecidos de una u otra forma en los hogares rurales, y la intervención se limitará a optimizarlos, introduciendo nuevas actividades o tecnologías (incluyendo cortinas rompeviento, ver Sección 3.4.4), nuevas especies, o simplemente reorientando las actividades existentes.

Aunque en las siguientes secciones se enfatizan aspectos productivos con orientación de mercado, no debe ignorarse ni menospreciarse el hecho de que los huertos caseros son sistemas complejos que cumplen una multiplicidad de funciones, además de proveer productos alimenticios. Por

ejemplo, la caracterización de un huerto en Granada, Nicaragua (Prado y Calero, 1994) evidenció la combinación de una gama de especies maderables (Laurel, Cedro, Gavilán) junto con árboles frutales. Por esta razón, el Proyecto Agrosilvopastoril estableció otros dos proyectos de investigación para caracterizar, en más detalle, la riqueza y función de los huertos caseros en las zonas semisecas de Centroamérica, en su sentido más amplio³.

5.2.1 Manejo, uso y análisis económico de la tecnología

Entre 1991 y 1993 los coejectores del Proyecto Agrosilvopastoril establecieron 79 huertos caseros, que variaron en tamaño y estructura. En esos huertos se sembraron diferentes especies de hortalizas, hierbas aromáticas, herbáceas para hojas verdes, raíces y tubérculos, plátanos, leguminosas y frutales. Aunque en algunos casos se establecieron huertos solo de frutales, en promedio, los huertos caseros estuvieron compuestos por: 24,3% de hortalizas, 13,8% de aromáticas y hojas verdes, 8,4% de raíces y tubérculos, 5,9% de leguminosas y 47,6% de frutales. En todos los casos, la decisión por parte de los productores y su familia de establecer una o más actividades, fue tomada como escogencia voluntaria de un menú de alternativas ofrecidas a ellos en reuniones y giras de campo. Ya que existen varias guías para la siembra y manejo de hortalizas y frutales (por ej., EAP, 1993; EAP, s.f.), esta temática no es presentada aquí.

De los diversos cultivos en cada grupo, aquellos más frecuentemente escogidos por los productores, fueron:

hortalizas: rábano rojo (*Raphanus sativus*), chile dulce (*Capsicum annum*), pepino (*Cucumis sativus*), tomate (*Lycopersicon esculentum*) y cebolla (*Allium cepa*). El elote o maíz tierno (*Zea mays*) es también recomendable; *especies de hojas verdes:* acelga (*Beta vulgaris*) y bledo o amaranto (*Amaranthus* spp.; rinde además grano). Debe notarse que el amaranto es bastante más tolerante a las condiciones de la región que la acelga; *aromáticas/condimento:* ajo (*Allium sativum*) y cilantro (*Coriandrum sativum*); *raíces/tubérculos:* yuca (*Manihot esculenta*), papa (*Solanum tuberosum*; en las zonas más altas) y camote (*Ipomoea batatas*);

³Proyecto Huertos Caseros CATIE-CIID; tesis de maestría en Estelí, Nicaragua.

leguminosas: frijol (*Phaseolus vulgaris*), soya (*Glicine max*) y gandul (*Cajanus cajan*);

frutales: cítricos (*Citrus* spp.; principalmente naranja y limón), mango (*Manguifera indica*), aguacate (*Persea americana*), marañón (*Anacardium occidentale*), papaya (*Carica papaya*), guayaba (*Psidium guajava*), jocote (*Spondias purpurea*) y anona (*Annona cherimolia*).

En la caracterización de la tendencia de producción, los huertos en Jutiapa, Guatemala fueron los más variados, con frutales, hortalizas, especies aromáticas, hojas verdes, y leguminosas. Es importante resaltar que la población tiene el hábito de sembrar y consumir hortalizas y hojas verdes tales como acelga, chipilín, amaranto, hierba mora, rábano, tomate, y chile dulce, de las cuales utilizan variedades más adaptadas a las condiciones climáticas de la región (llamadas por los productores "nativas").

En los huertos caseros de Choluteca, Honduras la predominancia se dio en los grupos de frutales, hortalizas, leguminosas, y raíces/tubérculos. No se sembraron especies aromáticas y hojas verdes, pues a pesar de su valor nutricional, la gente no está acostumbrada a consumirlas y en un corto plazo de tiempo no se consideró conveniente cambiar hábitos tan arraigados.

En los huertos de Santa Ana, El Salvador y Estelí, Nicaragua predominaron los frutales (incluyendo musáceas) como parte del huerto familiar y representan un alto porcentaje de los cultivos escogidos por los productores para sembrar. Los productores también escogieron sembrar hortalizas, sobre todo en El Salvador y, en Nicaragua, raíces/tubérculos y plantas de hojas verdes.

Particularmente en El Salvador, las musáceas (guineo San Andrés, que presenta ciertas adaptaciones al déficit hídrico) tuvieron gran aceptación dentro del huerto familiar, debido a que de ellas se utilizan tanto el racimo de frutas como las hojas, las cuales tienen un valor comercial establecido porque se utilizan para envolver tamales y nacatamales, comidas típicas de la región. En El Salvador, el 50% de los productores sembraron solo musáceas y árboles frutales en el huerto, justificando su decisión en la falta de tiempo para cuidar un huerto muy diversificado.

En el Cuadro 1 se muestra la composición de los huertos familiares por área sembrada por grupo de cultivos anuales (no están consideradas las áreas en árboles frutales y musáceas debido a que por lo general se sembraron dispersos). Resalta que en promedio (ponderado) para la región, el área de siembra de las hortalizas, hojas verdes y aromáticas, y raíces y tubérculos fueron similares, aunque las diferencias entre países son altas. Los huertos caseros en Guatemala y El Salvador presentaron la mayor área en hortalizas, los de Nicaragua las mayores áreas de hojas verdes y aromáticas y de raíces y tubérculos, y los de Guatemala y Honduras tuvieron áreas considerables en leguminosas.

Cuadro 1 Composición de los huertos caseros por área (m²) sembrada por grupos de cultivos anuales.

País	Hortalizas		Hojas verdes y aromáticas		Raíces y tubérculos		Leguminosas		Total	
	área	%	área	%	área	%	área	%	área	%
Guatemala	94,0	36,6	90,3	35,2	17,0	6,6	55,3	21,6	256,6	100
El Salvador	82,3	96,0	3,0	3,5	-	-	0,4	0,5	85,7	100
Honduras	32,7	23,4	-	-	54,3	39,0	52,5	37,6	139,5	100
Nicaragua	40,0	9,7	168,9	41,0	202,9	49,3	-	-	411,8	100
<i>Promedio</i>	<i>62,9</i>	<i>28,0</i>	<i>65,7</i>	<i>29,2</i>	<i>66,0</i>	<i>29,4</i>	<i>30,1</i>	<i>13,4</i>	<i>224,7</i>	<i>100</i>

Los huertos caseros que se establecieron (excluyendo el área de frutales y musáceas), midieron en promedio 225 m², los de mayor tamaño se establecieron en Nicaragua y los de menor tamaño en El Salvador. En promedio, en la región se necesitaron 20,1 jornales para el establecimiento, cuidado y cosecha de esos huertos con cultivos de ciclo corto, lo que significa alrededor de 9 jornales (8,9) para 100 m². La mano de obra utilizada fue totalmente familiar en Guatemala, El Salvador y Nicaragua, que en promedio representa el 98,7% del gasto total de mano de obra; en Honduras en algunos casos se contrataron niños para ayudar. En el Cuadro 2 se muestra que las mujeres dedicaron más tiempo que los hombres y los niños/as en la actividad del huerto casero.

Cuadro 2 Necesidades de mano de obra (en jornales) y desglose por sexo (en porcentaje), para establecer y cuidar un huerto casero con cultivos de ciclo corto, de 100 m² (promedio y desviación estándar).

Promedio regional (n = 65)	
Area m²/huerto	224,7 (284,4)
Mano de obra jornales/100 m²	8,9 (8,4)
porcentaje/género	
hombre	29,7
mujer	54,0
niño/a ¹	16,3

¹Un jornal niño/a equivale a 0,5 jornal adulto.

Cada grupo genérico realiza funciones específicas, aunque no se puede afirmar que hay actividades estrictamente realizadas por uno u otro género. Por ejemplo, en base a la información registrada en Honduras (Cuadro 3), los hombres realizaron las actividades más puntuales y las que demandaron mayor esfuerzo físico como: preparación y limpia del terreno, siembra o trasplante de cultivos y fertilización. Las mujeres y los niños realizaron las labores que requirieron mayor cantidad de horas de trabajo como: preparación de semilleros, riego y cosecha. En ese mismo cuadro se observa que la actividad que demandó más mano de obra fue el riego (61,7% del total), lo que contribuyó a elevar los requerimientos de mano de obra a 13 jornales adulto/100 m².

Cuadro 3 Distribución de la mano de obra, en jornales, por género y por actividad en los huertos caseros de Honduras, con un tamaño promedio de 139,5 m² (n = 17).

Actividad realizada	Hombre	Mujer	Niño/a	Total por actividad	Porcentaje
Preparación y limpia terreno	1,2 (1,1)	0,1 (0,4)	-	1,3 (1,3)	6,5
Preparación de semilleros	0,0 (0,1)	0,1 (0,0)	-	0,1 (0,1)	0,5
Siembra o trasplante	2,2 (1,6)	0,6 (0,7)	0,0 (0,2)	2,8 (2,0)	13,9
Control de plagas	0,1 (0,3)	-	-	0,1 (0,3)	0,5
Fertilización	2,0 (3,9)	0,3 (0,4)	0,0 (0,1)	2,3 (3,9)	11,4
Riego	-	9,6 (9,4)	2,8 (3,9)	12,4 (9,4)	61,7
Cosecha	0,0 (0,3)	1,1 (0,9)	-	1,1 (0,6)	5,5
Total	5,5 (4,3)	11,8 (10,3)	2,8 (3,9)	20,1 (12,4)	100
Porcentaje	27,4	58,7	13,9	100	

En relación con los huertos con solo frutales y musáceas, el ahoyado y siembra lo realizaron básicamente los hombres (76,9%) con poca participación de mujeres (15,4%) y niño/as (7,7%). El cuidado correspondió a las mujeres y los niño/as, siempre y cuando estuvieran cerca de la casa. Si la plantación de frutales estaba lejos de la casa, usualmente es el hombre el que los cuidó y cosechó.

Los costos de establecimiento y cuidado de los huertos caseros de cultivos de ciclo corto, por país, resultaron en un costo variable promedio de US\$ 57,51 para la región, considerando mano de obra (Cuadro 4). La mano de obra familiar fue el rubro que más afectó el costo de establecimiento ($r^2=0,94$) y representa el 68,1% del costo total promedio; sin embargo, no representa un desembolso real para la familia. Las inversiones en efectivo son los insumos, que incluyen la compra de material vegetativo y/o semillas, y en algunos casos fertilizante y plaguicida (en promedio regional de US\$ 18,33, lo que equivale a US\$ 8,15/100 m²). Esto significa que el costo real (desembolso) promedio para un huerto casero representa el 31,9% de los costos de oportunidad.

Cuadro 4 Costos de oportunidad del establecimiento de huertos caseros por rubro, por país (promedio y desviación estándar).

	Promedio (n = 65)	Rango
Area m ² /huerto	224,7 (284,4)	85,7 - 411,8
Mano de obra ¹ familiar US\$/huerto	39,18 (38,29)	6,82 - 77,22
Insumos US\$/huerto	18,33 (21,97)	2,49 - 45,06
Total	57,51 (55,61)	9,31 - 122,25

¹El costo de oportunidad de la mano de obra fue calculado en base al salario de un peón por jornal por día: Q.15,00 equivalente a US\$ 2,78 en Guatemala, C.20,00 equivalente a US\$ 2,27 en El Salvador, Lp.12,40 equivalente a US\$ 1,85 en Honduras y C\$ 10,00 equivalente a US\$ 1,67 en Nicaragua; en 1993.

Los rendimientos de los huertos caseros fueron, en promedio, bajos, debido a la falta de agua para riego en muchos de ellos y, además, el 12,3% de los huertos establecidos se perdieron por falta de protección contra los animales (principalmente especies menores), lo cual enfatiza la necesidad de cercarlos con malla de alambre.

Las hortalizas y especies aromáticas y de hojas verdes, sufrieron los mayores problemas de plagas y enfermedades como: mosca blanca, mal del talluelo, fusarium, marchitamiento, etc; y además mostraron baja tolerancia a los veranillos que ocurren en la zona. Únicamente pueden sobrevivir con riego y uno de los problemas de la región es precisamente la falta de agua, por lo que la producción de esas especies no es viable económicamente si se carece de agua para riego. Sin embargo, en Guatemala y El Salvador se obtuvo alguna producción aceptable con ellas sin riego, lo cual se debe en gran parte a que la escasez de agua no llega a niveles realmente críticos y a que la tradición hortícola está fuertemente arraigada, lo mismo que el hábito de consumo de estas especies, razón por la que continúan sembrándose año a año.

En El Salvador, en huertos caseros de bajos insumos mayores de 100 m² (promedio de 215 m²), los rendimientos mayores se alcanzaron con pepino, rábano y chile dulce (Cuadro 5).

Cuadro 5 Ejemplos de rendimientos en huertos de hortalizas de bajos insumos con áreas mayores a 100 m². Santa Ana, El Salvador.

Caso	Area (m ²)	Pepino (unidad)	Chile dulce (unidad)	Rábano (unidad)
1	200	325	16	32
2	210	360	80	200
3	300	775	15	120
4	150	350	50	200
<i>Promedio/100 m²</i>		<i>206</i>	<i>21</i>	<i>71</i>

Para efecto de análisis los productos se valoraron a precio de mercado. Así en el Cuadro 6, se muestran los ingresos netos que hubieran obtenido las familias en caso de vender toda la producción. Aunque los ingresos brutos son bajos, cubren los costos de insumos (inclusive de la mano de obra, la cual no es un desembolso real) gastados por la familia en el establecimiento y cuidado del huerto, resultando en una relación beneficio neto/costo promedio de 84,2%. Según las productoras, el pepino, que fue el que dio mayor aporte a los ingresos, fue la especie de más fácil manejo.

Cuadro 6 Costos variables e ingresos obtenidos en huertos de hortalizas y hojas verdes y aromáticas de bajos insumos, con áreas mayores a 100 m². Santa Ana, El Salvador.

Caso	Area (m ²)	Insumos (US\$)	Mano obra (US\$)	Costo total (US\$)	Ingreso bruto (US\$) ¹	Ingreso neto (US\$)	Relación Ingreso neto/costo (%)
<i>Promedio</i>	215	2,13	17,22	19,35	35,36	15,24	84,2

¹Los precios de las hortalizas y hojas verdes y aromáticas fueron reportados por los productores con base en los precios del mercado local. Para el pepino: US\$ 0,06/unidad, el apio: US\$ 0,17/mata, el chile dulce: US\$ 0,06/unidad, las espinacas: US\$ 0,11/manejo, el repollo: US\$ 0,23/unidad y el rábano: US\$ 0,03/unidad.

En Guatemala, algunas producciones típicas fueron: 54 unidades (u) de rábano rojo/m², 5 u de pepino/m², 45 u de zanahoria/m², 17 matas de acelga/m², y 7 matas de bledo/m². En Nicaragua, algunas producciones fueron de 0,2 kg de ajo/m, 4 tomates/m, 11 u de rábano/m y 0,1 kg de bledo/m.

Las raíces y tubérculos y leguminosas, por ser cultivos más tolerantes a plagas y menos exigentes a riego, presentaron mejor comportamiento productivo, sin embargo, no toleraron la sequía en la medida que se esperaba. Se reportaron producciones de yuca de 0,6 kg/m² en Jutiapa, Guatemala; 0,2 kg de yuca/m², 0,2 kg/m² de camote y 0,8 kg de papa/m² en Estelí, Nicaragua; y de 0,6 kg de grano de gandul/m² en Santa Ana, El Salvador. Estas producciones pueden considerarse bajas cuando se comparan con los rendimientos promedios reportados para estos productos, por ejemplo: para el camote, la yuca y la papa pueden obtenerse fácilmente 2 kg/m². En el caso de la yuca, en una caracterización de un huerto casero de la región II de Nicaragua, se encontraron producciones equivalentes a 1,45 kg/m² (Valdivia, 1992).

La variabilidad encontrada en los rendimientos implica la necesidad de capacitar y dar seguimiento a las familias que establecen huertos de hortalizas y otros cultivos anuales, con el fin de incrementar y estabilizar la producción.

La amplia aceptación de los frutales como componentes del huerto casero se debe, entre otros factores, a que la mayoría de los campesinos tiene árboles frutales en otros lugares de la finca además del solar (en cercas vivas, dispersos en un potrero o en pequeñas plantaciones). Esto significa que conocen el potencial productivo de varias especies, saben que a mediano plazo su producción servirá tanto para autoconsumo como para venta, lo cual fue suficiente motivación para que las familias no descuidaran el riego durante

la estación seca y cuidaran que los arbolitos no fueran atacados por alguna plaga. La posibilidad de vender parte de la producción es muy importante para las familias de escasos recursos económicos. En Choluteca, Honduras, Denen (1993) encontró que aproximadamente el 67% de las fincas que producen frutas las venden, lo cual representa el 26% del ingreso total de los pequeños productores.

En el Cuadro 7 se muestran las especies sembradas, el total de arbolitos sembrados por país y el porcentaje de prendimiento a los 90 días, que en general son buenos. Con las musáceas en El Salvador se presentaron problemas de prendimiento debido a la falta de agua, en algunos casos y, en otros, al descuido de los productores, quienes no los protegieron contra los animales domésticos. Otros problemas detectados fueron siembras tardías, que no permitieron a las plántulas afianzarse para enfrentar la estación seca, y desconocimiento por parte de los productores de prácticas de poda de formación (la cual, al efectuarse al inicio de la estación seca, no permite al arbolito sufrir tanto estrés hídrico por tener menor número de hojas transpirando).

Cuadro 7 Prendimiento de frutales a los 90 días en algunos huertos caseros de El Salvador, Honduras y Nicaragua.

Frutal	El Salvador		Honduras		Nicaragua	
	sembrados	% prendidos	sembrados	% prendidos	sembrados	% prendidos
aguacate	54	83,3	-	-	49	100,0
naranja	30	87,1	95	94,7	129	89,9
marañón	35	91,4	-	-	40	90,0
mango	40	87,5	49	81,6	40	87,5
papaya	63	87,3	-	-	16	100,0
limón	-	-	24	100,0	-	-
musáceas	284 ¹	54,2	-	-	-	-
	238 ²	69,7	190	100,0	87	93,1
					-	-
Promedio³		85,8		92,1		94,6

¹ Año 92.

² Año 93.

³ No incluye prendimiento de musáceas.

En Guatemala, 21 productores sembraron frutales (principalmente mango y naranja, en menor grado papaya, limón, marañón y anona) en un área promedio que se estimó en 0,30 ha para un promedio de 56,3 árboles (con un rango entre 15 y 171 árboles el primer año); esta relación de 188 árboles/ha indica el amplio espaciamiento que los productores dan a éstos, ya que los siembran en diversos lugares del huerto, milpa o pastizales. En promedio, se requirió 1 jornal para todas las operaciones de trasplante de 14 árboles, a un costo en insumos, incluyendo la plántula, de US\$ 0,54/árbol.

El 94% de las familias rurales que hicieron huertos consumieron los productos obtenidos en éstos, frescos o en conserva. Únicamente en el caso donde hubo excedente los productos se destinaron a la venta, por ejemplo: en El Salvador, algunos productores vendieron pepinos, en Honduras chile dulce y tomate y en Guatemala frijol ejotero.

5.2.2 Consideraciones sobre adopción

A pesar de las relativamente bajas producciones (en gran parte por haber sido el primer año de implementación), la mayoría (85%) de los productores tienen opiniones favorables de los huertos caseros, consideran que son muy importantes porque pueden obtener de ellos alimentos frescos a menor costo y que, en caso de excedentes, los venderían para obtener ingresos adicionales. Entre las opiniones desfavorables (15%) destacan: que los huertos demandan mucho tiempo y que si se quiere obtener buenas producciones de hortalizas la inversión en semillas y agroquímicos es alta.

Únicamente el 10,8% de las familias coejecutoras mencionaron guardar semilla para el año siguiente. No obstante, el 50% de las familias que hicieron una vez el huerto, lo volvieron a sembrar el año siguiente por su propia iniciativa.

La aceptación y adopción de frutales fue bastante elevada. Por ejemplo, en Guatemala el 81% de los productores aceptó el primer año sembrar frutales, cubriendo ellos mismos todos los costos. Durante el segundo año, todos los productores, aparte de cuidar sus árboles, buscaron ampliar sus siembras.

5.3 Aboneras

La producción en huertos caseros puede ser más eficiente con el uso de abono orgánico producido a base de residuos orgánicos. La abonera permite reciclar los desechos y subproductos de la finca, ayudando así con la sostenibilidad del sistema. Esos desechos, al ser sometidos a degradación microbial, cambian sus características originales convirtiéndose en abono orgánico, un material que brinda nitrógeno y otros minerales al suelo, para ser reutilizados por otras plantas, a un menor costo. Al mezclarse con el suelo mejoran la fertilidad y estructura de éste, por lo tanto, puede esperarse una mayor productividad. Otras ventajas que ofrece el abono orgánico son: incrementar la absorción de agua del suelo y permitir una mejor aireación del mismo.

5.3.1 Metodología de implementación

Las aboneras pueden ser de dos tipos: bajo tierra o aéreas. La abonera bajo tierra es una fosa cavada en el suelo donde se coloca el material a descomponer. La abonera aérea consiste en colocar todo sobre la superficie del suelo, utilizando como soportes postes de bambú u otra especie, de aproximadamente 2 m de longitud y 15 cm de diámetro, mientras se construye.

Uno u otro tipo de abonera se construye lejos de la casa, en posición opuesta a la dirección del viento, para que los malos olores no inunden las viviendas. Deben localizarse en un área con suelo permeable, preferiblemente cerca de una fuente de agua y a la sombra.

Para construir la abonera aérea, el suelo debe tener pendiente de aproximadamente 5% para facilitar el drenaje de líquidos.

Para construir una abonera bajo tierra, primero se limpia y se empareja el suelo. Luego se marca un cuadro de 1 m de lado y se cava con la pala hasta 1 m de profundidad para obtener una abonera de 1 m³. Este tipo de abonera conserva mejor la humedad y es más fácil de manejar.

Para producir abono se necesita materia verde y seca (malezas, rastrojos de cultivos, pastos, basura, etc.), estiércol seco de cualquier animal doméstico y cal o ceniza. Como la construcción de la abonera debe terminarse el mismo

día en que se inicia, es conveniente reunir todos los materiales con anticipación.

Para uno u otro tipo, primero se coloca una capa de 5 cm de espesor de materia seca, luego una capa de material verde de 20 cm. Encima de ésta se coloca una capa de estiércol de 5 cm y una capa de tierra de 3 cm. Se espolvorea cal o ceniza. Se humedece todo muy bien y se compacta. Se repite lo mismo varias veces hasta llenar la fosa o, en caso de abonera aérea, hasta llegar a una altura en torno de 1,5 m. En la abonera aérea, como ya se mencionó, se utilizan postes de soporte y también se va disminuyendo poco a poco el ancho de la abonera para evitar que el material de las orillas se derrumbe cuando se quiten los postes al terminar de apilar los materiales. La última capa de tierra debe tener al menos 10 cm de espesor. Finalmente se empareja y se compacta bien. Con una vara larga (aproximadamente 2 m de largo y 0,10 m de diámetro) se hacen 2 ó 3 agujeros hasta el fondo de la abonera, los cuales permitirán que la abonera "respire" y elimine gases.

El control de la temperatura de la abonera se inicia una semana después de construida. Se mide la temperatura introduciendo un machete en la abonera durante 5 minutos. Si al retirarlo está muy caliente (no puede tocarse), se le adiciona suficiente agua hasta bajar la temperatura. Si, por el contrario, el machete sale frío, debe subirse la temperatura, lo cual se consigue compactando más el material de la abonera. La temperatura se debe controlar cada semana.

La abonera debe mantener una humedad adecuada para facilitar la descomposición de los materiales. La humedad se controla cada semana, de la siguiente manera: se agarra un puñado de material de la abonera y se aprieta con la mano, si salen gotas de líquido es que está muy húmedo; si la mano queda seca, significa que le falta humedad y debe agregársele agua. El punto óptimo de humedad, es pues, cuando el material no gotea y deja la palma de la mano húmeda. En general, la abonera debe regarse frecuentemente durante la estación seca y taparse durante la estación lluviosa, si se corre el peligro de que los espacios de aire se llenen de agua y detengan el proceso de descomposición (EAP, s.f.).

Otro aspecto importante del mantenimiento de una abonera es el volteo (mezclar todo el material) cada dos o tres semanas para airearla y favorecer la descomposición. Para facilitar el volteo, se hacen cortes de la abonera de arriba hacia abajo, se revuelve el material cortado y después se apila de nuevo

antes de voltear el corte siguiente. Después de voltear el material se deben de volver a perforar los agujeros de ventilación.

A las ocho semanas de construida, el material estará listo para usarse. Las características del abono son: color oscuro, no se diferencian los materiales usados, es boronoso y no es pegajoso. El abono orgánico puede aplicarse antes de la siembra o cuando el cultivo esté en desarrollo. Antes de su utilización hay que voltearlo y dejar que la temperatura descienda hasta la temperatura ambiental.

5.3.2 Manejo, uso y análisis económico

Se construyeron 19 aboneras: 14 en Guatemala y cinco en Nicaragua, en igual número de fincas. Las de Nicaragua y diez de Guatemala fueron aéreas; el resto bajo tierra. En su construcción se utilizó una gran variedad de material disponible en la finca, por ejemplo: estiércol bovino, cascarilla de arroz, pasto gamba seco, hojas verdes de madrecacao, rastros de cosecha de frijol, maíz y sorgo, basura y desperdicios provenientes del hogar (biodegradables), malezas, cenizas, cal y tierra.

En el Cuadro 8 se muestran las necesidades y el presupuesto parcial para construir aboneras en Guatemala y Nicaragua. En la parte superior del Cuadro 8 se muestran los tamaños y gastos en mano de obra y materiales de las aboneras construidas por los productores. En la parte inferior se presenta la información equivalente a una abonera de un metro cúbico, con el fin de facilitar su comparación.

El gasto de mano de obra en las aboneras aéreas lógicamente es menor debido a que no se necesita excavar una fosa. La mano de obra utilizada en la construcción de aboneras aéreas se utiliza en limpiar el lugar donde se construye la abonera, transportar, acomodar, apisonar, sellar y voltear el material. Las aboneras fueron básicamente construidas por los hombres, con apoyo de las mujeres y los niños.

Las aboneras aéreas en Guatemala demandaron mayor cantidad de mano de obra que las de Nicaragua debido a que se compactó más material por metro cúbico.

Cuadro 8 Necesidades y presupuesto parcial para construir aboneras, con base en el promedio por país y con base en abonera de 1 m³ (promedios y desviación estándar).

	Guatemala tipo: aérea (n = 10)	Guatemala tipo: bajo tierra (n = 4)	Nicaragua tipo: aérea (n = 5)
Volumen promedio (en m³)	1,7 (0,9)	2,4 (0,3)	1,8 (2,0)
<i>necesidades:</i>			
mano de obra (en jornales)	3,8 (1,3)	7,7 (1,3)	1,4 (0,5)
materiales (en kg)	610,4 (356,7)	1194,2 (463,2)	375,6 (143,7)
<i>costos variables:</i>			
mano de obra (en US\$) ¹	10,56 (3,61)	21,41 (3,61)	2,34 (0,84)
materiales (en US\$)	1,09 (0,06)	1,44 (0,89)	4,49 (2,17)
Costo total	11,65 (3,61)	22,87 (3,59)	6,83 (2,58)
Volumen de 1 m³			
<i>necesidades:</i>			
mano de obra (en jornales)	2,0 (0,7)	4,1 (0,7)	0,7 (0,3)
materiales (en kg)	359,1 (209,8)	497,6 (193,0)	208,7 (71,8)
<i>costos variables:</i>			
mano de obra (en US\$)	6,21 (2,19)	8,92 (1,56)	1,30 (0,48)
materiales (en US\$)	1,17 (0,47)	0,60 (0,37)	2,49 (1,08)
Costo total	7,38 (2,47)	9,52 (1,50)	3,79 (1,43)

¹El costo de oportunidad de la mano de obra fue calculado en base al salario de un peón por jornal por día: Q.15,00 equivalente a US\$ 2,78 en Guatemala y C\$ 10 equivalente a US\$ 1,67 en Nicaragua, en 1993.

El costo de materiales no incluye un valor para los desechos orgánicos, únicamente considera el costo de la cal y, en algunos casos, el costo de estacas de 2 m que sirvieron de soporte al material de las aboneras aéreas (el uso de las estacas es opcional).

La cantidad de abono orgánico de una abonera varía de acuerdo a la cantidad de los materiales utilizados en su elaboración y al tipo de material, pues tienen diferente densidad y resistencia al cambio en el volumen durante el proceso de descomposición. Para las aboneras construidas con los materiales anteriormente enlistados y con un volumen de 1 m³ se produjo aproximadamente 125 kg de abono orgánico.

5.3.3 Algunos datos sobre adopción

El abono orgánico producto de las aboneras en ambos países fue utilizado en los huertos caseros. Las familias que hicieron abonera, están recolectando material para volver a construirla el año siguiente pues además de mejorar el suelo con el abono, les permite tener un ambiente más saludable con el manejo que le están dando a los desechos orgánicos. No obstante, en El Salvador y Honduras, esta tecnología no fue del agrado de los productores, justificándose en la falta de agua para poder regarla.

5.4 Especies menores

Las aves y los cerdos constituyen, para la familia rural, una forma de ahorro realizable en cualquier momento de necesidad. Además representan una fuente de alimento rica en proteína y calorías, que disminuyen el gasto por adquisición de alimentos fuera de la finca. Ulate y Muñoz (1994) encontraron que el 59% de las familias consumen huevos diariamente, en tanto que el 72,7% consumen carne de pollo y el 31,8% carne de cerdo semanalmente. Por la venta ocasional de carne y huevos se obtienen ingresos que sirven para satisfacer otras necesidades. Es importante anotar que dentro del patrimonio del campesino, las aves en el solar constituyen un rubro especial aunque no sean para la venta.

En las fincas donde el Proyecto Agrosilvopastoril desarrolló actividades, los productores contaban, en promedio, con 30 aves, principalmente gallinas, y 2 cerdos. Tanto las aves como los cerdos, de razas criollas⁴, reciben manejo tradicional, es decir, se dejan libres en el campo sin mayores atenciones ni controles, no se les proporciona instalaciones adecuadas, sino que éstos se adaptan a las instalaciones que hay en la finca. Se complementa su alimentación con sobros de comida familiar, suero de leche y residuos agrícolas que encuentran en el campo.

En este tipo de producción participa toda la familia, sin embargo, las mujeres son las responsables de "criarlos" (ocasionalmente alimentarlos y

⁴Se define con el término criollo a aquellos individuos propios del lugar y que para su sobrevivencia han desarrollado características específicas en el nuevo ambiente.

suministrarles algún medicamento en caso de enfermedad) y tomar en muchos casos decisiones respecto a la producción y destino de los animales.

Según los diagnósticos realizados en la región, el control sanitario es prácticamente inexistente. Las especies menores son afectadas por diversas enfermedades que reducen la producción notablemente. Entre las enfermedades más comunes están el New Castle en las aves y el cólera porcino en cerdo. Ambas causan alta mortalidad. De consulta efectuada a productores de la región semiseca de El Salvador, se obtuvo que la mortalidad en aves puede alcanzar hasta el 90% con uno o dos brotes por año.

Por estas razones, y como se expuso anteriormente, la recomendación en primera instancia es establecer programas sanitarios preventivos, que permiten estabilizar e incrementar la producción sin tener que recurrir a otras prácticas de manejo que requieren de mayor inversión.

5.4.1 Programa sanitario preventivo

El programa profiláctico propuesto es el siguiente:

Vacunación

a. Prevención contra New Castle

La peste aviar o New Castle es una enfermedad que afecta el sistema nervioso central, el aparato respiratorio y digestivo. Es causada por un virus que se transmite de un animal enfermo a otro sano por medio del contacto directo, el agua o el viento. A consecuencia del contagio, las aves pueden sufrir parálisis parcial o total de las patas y alas. Un primer síntoma, muy común, es que tuercen el cuello hacia atrás.

Para prevenir la enfermedad se han desarrollado varias vacunas que varían ampliamente en potencia, por lo que el programa de vacunación debe adaptarse a las áreas y condiciones específicas. El siguiente programa de vacunación, que incluye una vacuna suave (Tipo B-1), empleada para preparar a las aves para el uso de una vacuna más fuerte, y una vacuna fuerte (la Sota), ha sido propuesto por Morales (1992) para la región semiseca centroamericana, y permite proteger las aves contra esta enfermedad durante todo el ciclo de postura.

<i>edad</i>	<i>cepa</i>
8 días	Tipo B1 ocular
4 semanas	Sota ocular
10 semanas	Sota ocular
18 semanas	Sota ocular o emulsionada

con vacunaciones subsecuentes cada seis meses en el período adulto.

Las tres primeras dosis se aplican en los ojos. La cuarta dosis, que se aplica a la semana 18, o sea, cuatro semanas antes del inicio de postura, puede ser ocular o emulsionada. La vacuna emulsionada inactivada se puede comenzar a aplicar a esta edad, a una dosis de 0,5 ml vía subcutánea en la mitad de la parte posterior del cuello.

b. Prevención contra viruela aviar

Es una enfermedad viral transmitida por mosquitos. Se considera endémica durante todo el año en climas tropicales. La enfermedad puede presentarse en dos formas: cutánea o diftérica. La cutánea es la más común; las aves infectadas presentan vesículas en la cabeza. La forma diftérica empieza con inflamación en los ojos, luego se desarrollan depósitos amarillentos y duros en cavidad bucal y garganta, los animales tienen problemas para respirar y consumir alimento (Pederson, s.f.; Morales, 1992).

Las vacunas contra la viruela aviar se aplican por lo general por punción en la membrana alar. Morales (1992) recomienda utilizar la Cepa Palomar, vacunando entre las 8 y 10 semanas de vida, con revacunación a las 18 semanas con la Cepa Aviar suave y posteriormente cada siete meses.

c. Prevención contra cólera porcino

El cólera o peste porcina es una enfermedad viral, sumamente infecciosa y afecta a los cerdos de todas las edades, por lo que produce alta mortalidad y morbilidad. Un animal infectado inicialmente se muestra inactivo, anoréxico y con fiebre alta. Después de cuatro o cinco días presenta conjuntivitis, y a los cinco o seis días aparecen manchas rojas, localizadas en la piel del abdomen, orejas y patas, principalmente. Otro síntoma muy visible es la constipación durante los primeros días, para dar paso a una diarrea grave después de ocho días (Araya y Padilla, 1986).

Para proteger los animales contra esta enfermedad es indispensable la vacunación. Morales y Beltrán (1979) recomiendan usar una vacuna con virus atenuado (preferiblemente la cepa China) e iniciar el programa con la vacunación de los lechones al momento del destete (dos meses de edad) y de sus madres. Posteriormente, es necesario revacunar cada seis meses los reproductores, en tanto que los animales destinados al mercado no la requieren.

Entre los cuidados básicos que hay que tener cuando se utilizan estas vacunas están: no aplicarlas a hembras gestantes para evitar malformaciones en los fetos o causar su muerte y no aplicarlas a lechones de dos meses si son hijos de madres vacunadas, con el fin de no entorpecer la formación de anticuerpos.

Desparasitación de especies menores

Se recomienda desparasitar tanto los cerdos como las aves periódicamente con el fin de incrementar el consumo de alimentos y, consecuentemente, mejorar la producción por animal (mayor ganancia de peso por animal).

En el caso de las aves y cerdos, la mejor forma de combatir los parásitos internos es desparasitando con los medicamentos que se puede adquirir en el mercado siguiendo las instrucciones del fabricante. Esto debido a que hay un gran número de antiparasitarios con funciones similares.

Los parásitos externos se eliminan con aplicación de insecticida en el área infestada, que puede ser total o parcialmente en el cuerpo del ave y en los sitios donde duermen o donde ponen. Se recomienda hacerlo únicamente cuando se observa la presencia de ellos (entre los más comunes: piojos, totolate --piojillo de las aves-- y garrapatas), utilizando productos existentes en el mercado. Independiente del método que se use, es importante desparasitar todos los animales el mismo día, así mismo se debe aplicar insecticida (por ej. malathion) en el sitio donde duermen y ponen las aves (Pederson, s.f.).

Manejo

Hay enfermedades infectocontagiosas para las cuales no existen vacunas, pero se pueden prevenir con prácticas de manejo sanitario, entre las

que se incluye que los animales tengan disponible agua limpia para beber, que los recipientes usados como bebederos se laven las veces que sean necesarias para mantenerlos limpios, observar que el alimento que consumen no presente altos niveles de contaminación o descomposición, mantener limpios y secos los sitios donde los animales duermen y, en el caso de las gallinas, donde éstas ponen.

5.4.2 Manejo, uso y análisis económico de la implementación de un programa sanitario

Este programa, en 1992, fue aplicado parcialmente, pues únicamente se vacunó contra New Castle⁵ (aves) y contra cólera porcino (cerdos), en las fincas de 86 familias rurales: 14 en Guatemala, 20 en Honduras, 26 en El Salvador y 26 en Nicaragua.

En el Cuadro 9 se presenta el número de animales y el costo de vacunación para inmunizar las aves con la vacuna contra New Castle, a razón de 2 cc para aves adultas y 1 cc para pollitos (para efectos de cálculo se consideró 2 pollitos igual a una ave adulta).

Cuadro 9 Costos de oportunidad de la vacunación de aves contra New Castle en cuatro países (promedio y desviación estándar).

	Guatemala (n = 14)	El Salvador (n = 26)	Honduras (n = 20)	Nicaragua (n = 26)	Promedio (n = 86)
Número de aves	35,4 (26,1)	25,5 (12,3)	20,8 (21,7)	39,3 (21,9)	30,2
Vacuna US\$ ¹	0,06	0,06	0,06	0,04	0,06
Costo total	2,12	1,53	1,25	1,57	1,81

¹Costo de vacuna por dosis: en Guatemala: US\$ 0,06; El Salvador: US\$ 0,08; Honduras: US\$ 0,06 y Nicaragua: US\$ 0,04. Incluye costo de jeringa y uso de una hielera.

El costo total es el producto del costo de una dosis por el número de animales vacunados; costo que debe ser desembolsado por la familia productora. No se incluye gasto de mano de obra porque no es alto. En promedio se gastan dos horas y cuarenta y cinco minutos vacunando 25 aves,

⁵Se utilizó cuando disponible la vacuna triple aviar que protege contra New Castle, cólera aviar y enfermedades respiratorias.

porque las aves se encierran la noche anterior a la vacunación para facilitar el trabajo la mañana siguiente. La vacunación la realizaron, en su mayoría, las mujeres con ayuda de los niños (81,2%), la participación de los hombres fue menor (18,8%).

El costo promedio regional para vacunar una ave es de US\$ 0,06, lo cual significa que para vacunar 25 aves se necesitan US\$ 1,50, cantidad que es completamente cubierta con la venta de una gallina (US\$ 2,0). Esto significa que para proteger todas las aves se requiere vender una por vez que se vacuna.

En Honduras y Nicaragua se protegieron los cerdos contra el cólera porcino. El costo total por animal es solamente el costo de la dosis por animal (Cuadro 10). No se considera el gasto de mano de obra debido al número reducido de animales vacunados. El costo de vacunación, en ambos países, es mínimo en relación al precio de un animal, pues el precio por kg de cerdo en pie varia de US\$ 0,25 a 0,83. Esta variación se debe a que el productor y el intermediario negocian el precio de venta de acuerdo al tamaño del cerdo en pie y de la necesidad o urgencia del productor por venderlo, sin tomar en cuenta los costos en los que incurre hasta la salida de la finca.

Cuadro 10 Costos de vacunación contra cólera porcino en Honduras y Nicaragua (promedios y desviación estándar).

	Honduras (n = 15)	Nicaragua (n = 19)
Número de cerdos	5,9 (6,0)	2,3 (1,5)
Vacuna US\$/dosis	0,56	0,37
Costo total	3,26 (3,31)	0,85

5.4.3 Algunos datos sobre adopción

El programa de manejo sanitario de las especies menores a nivel de las familias rurales de la región semiseca ha tenido resultados muy significativos, pues la mortalidad se redujo notablemente (las productoras que vacunaron aves y cerdos reportaron que ese año la mortalidad por enfermedades fue nula, mientras que los vecinos que no vacunaron tuvieron de medianas a severas pérdidas en 1993), a un costo accesible para las familias productoras

de escasos recursos económicos. En Nicaragua se presentó el problema de que la vacuna aviar no se vende en recipientes con dosis menores a 100, lo cual limita en algunos casos su aplicación, porque la productora debía asumir el costo total de las vacunas para utilizar pocas dosis. En esta situación, las dosis no utilizadas se pierden por carecer de medios para mantenerlas refrigeradas, aumentando el costo por animal. Para solventar este problema, los productores se organizaron para comprar las vacunas entre varias familias y de este modo reducir el costo de vacuna/ave.

El 95% de las coejectoras que iniciaron la vacunación, han continuado con el programa propuesto y revacunaron a la salida de las lluvias. A la pregunta de por qué creen que los vecinos no vacunan, se obtuvieron las siguientes respuestas:

por no gastar	43%
falta de dedicación	14%
falta de capacitación	48%
no es útil	4%

Estas respuestas, son útiles en la medida en que puedan considerarse como sus propias opiniones antes de recibir la capacitación por parte del Proyecto Agrosilvopastoril, y denotan que los productores no están plenamente convencidos del capital económico que las aves representan, razón por la cual el manejo, alimentación y atención que se les brinda es considerado como un tiempo marginal.

5.5 Conservación de alimentos: tecnología asociada a los huertos caseros

La conservación de alimentos en la región semiseca es una necesidad debido a que la producción es mayormente estacional y, adicionalmente, el proceso de descomposición es muy rápido por las condiciones climáticas imperantes. Se persigue que la familia, a través de la capacitación en técnicas de conservación de alimentos, continúe consumiendo frutas y hortalizas producidas en la finca durante todo el año, lográndose de este modo adecuar la densidad calórica de la dieta, incluir productos fuente de vitamina A, C y riboflavina, y aumentar la variedad de los alimentos consumidos. También es importante la preparación de harinas (yuca, camote, semilla de amaranto).

Cualquier técnica de conservación que se aplique a un alimento modifica en algún grado sus características originales (color, olor, sabor, textura), por lo que la aceptación por parte de la población va a estar ligada a los hábitos alimentarios y a las posibilidades de combinación con alimentos no procesados.

El conocer las técnicas de almacenamiento y conservación de los alimentos disponibles tiene para la familia otras ventajas: facilita las labores de preparación de alimentos en el hogar y, además, pueden vender a un mejor precio el producto procesado durante las épocas de baja oferta en los mercados.

5.5.1 Metodología de conservación de alimentos

Primeramente, es importante destacar que las personas que se dediquen a la conservación de alimentos deben tomar en cuenta que la higiene es indispensable en todo el proceso, debido a que las prácticas higiénicas incorrectas en la manipulación de alimentos causan la contaminación.

Aparte de tener que lavarse bien las manos y antebrazos con agua y jabón, es recomendable que la persona que va a llevar a cabo la conservación use un delantal limpio, cubra su cabeza con un pañuelo o gorra plástica de baño y, si es posible, use guantes de hule. Debe evitar hasta donde sea posible hablar mientras prepara la conserva, no debe estornudar encima de los alimentos o trabajar cuando se está enferma (con gripe, diarrea o cualquier otra enfermedad contagiosa).

Los utensilios y el lugar donde se preparen las conservas deben estar limpios. La presencia de insectos, roedores o animales domésticos es indeseable en el lugar, por lo que previo al inicio del proceso, se debe limpiar muy bien el área de trabajo.

5.5.2 Manejo, uso y análisis económico de la tecnología

Durante los años 1992 y 1993 varias mujeres de Jutiapa, Guatemala, después de recibir capacitación en técnicas para la conservación de alimentos por parte del Proyecto Agrosilvopastoril, prepararon envasados en sus casas.

Los alimentos y cantidades utilizadas así como el tipo de conserva utilizado se presentan en el Cuadro 11.

Cuadro 11 Alimento, cantidad (en promedio y desviación estándar) y tipo de conservación.

Ejecución ¹		Alimento	Cantidad ²		Tipo de conserva
1992	1993		1992	1993	
3	8	piña	2,3 (0,5)	1,9 (0,6)	jalea
7	8	chile dulce	79,1 (54,6)	49,4 (34,2)	escabeche
6	6	mango	149,1 (85,1)	137,5 (120,5)	jalea
-	4	anona	-	4,2 (0,4)	almíbar
5	4	manzana	29,4 (8,1)	1,5 (0,7) kg	jalea
4	3	camote	1,8 (0,9) kg	1,5 (0,2) kg	almíbar
4	3	nance	2,6 (1,0) kg	6,0 (5,6) kg	almíbar
2	3	jocote	100,0 (0,0)	220,0 (130,0)	almíbar
-	1	coco	-	4,0	crystalizado
2	1	guayaba	125,0 (75,0)	50,0	jalea
3	1	papaya	-	1,0	jalea
1	1	chile jalapeño	30,0	-	escabeche
3	-	soya	2,3 (0,5) kg	-	café
1	-	ciruelas	3,7 kg	-	almíbar
1	-	durazno	15,0	-	almíbar
4	-	cebolla	66,0 (45,5)	-	encurtido

¹Número de veces realizados por la misma o diferente coejecutora.

²En unidades a excepción de los que se especifican con otras medidas (kg).

Obsérvese que, por cantidad, la mayor parte de los alimentos conservados son las frutas que se obtienen en la finca (mango, guayaba y jocote) y en menor cantidad las que tienen que adquirir fuera de ella (piña, manzana, ciruelas, papaya y duraznos). La piña, chile dulce, mango, manzana, camote, nance, jocote y guayaba fueron los productos conservados durante los dos años.

Se encontró que la variabilidad en las cantidades de alimentos envasados de un año a otro se debe, entre otros factores, a que la disponibilidad de éstos en la finca varía anualmente por estar estrechamente ligada a la cantidad y distribución de las lluvias durante el año y, en menor grado, a la disponibilidad de frascos adecuados para guardar las conservas.

El costo total de preparar cinco envasados con una capacidad media de 400 ml es de US\$ 8,70 (equivale a US\$ 1,74 por frasco) (Cuadro 12). El gasto promedio de mano de obra es de 4 horas y para los cálculos se utilizó

el valor de mano de obra dedicada a cualquier actividad agropecuaria, resultando en un costo de US\$ 1,39 que representan el 16% de los costo totales. Los costos de los insumos son los gastos reales en que la productora incurre para preparar las conservas, e incluyen la adquisición de frascos de vidrio, azúcar, especies y leña (84%). En este caso el costo de oportunidad de los alimentos en la finca no se tomó en cuenta.

Cuadro 12 Costos variables de conservar alimentos (cinco frasco de 400 ml c/uno) en Jutiapa, Guatemala, 1993¹ (en promedio y desviación estándar).

	Guatemala (n = 12)
Número de envasados ²	5,0 (2,7)
Mano de obra (horas)	4 (0,5)
Mano de obra ³ (US\$)	1,39 (0,17)
Insumos (US\$)	7,31 (3,23)
Costo total (US\$)	8,70 (4,65)

¹Tipo de cambio US\$ 1,00 = Q. 5,40.

²Envases con capacidad promedio de 400 ml.

³El valor del jornal de 8 horas es de Q. 15,00.

Puesto que el gasto de mano de obra no representa un desembolso real para la mujer y su familia, los costos del procesamiento de alimentos en el primer año se limitan al costo de los insumos, que en promedio fueron US\$ 7,31. Al año siguiente los costos de los insumos disminuyen porque no hay necesidad de comprar nuevos frascos de vidrio, si se les da un manejo adecuado para evitar que se quiebren.

Los alimentos en conserva fueron almacenados antes de consumirse durante 73 y 49 días, en promedio, en los años 1992 y 1993, respectivamente. Las conservas de frutas se almacenaron durante menos tiempo (67,6 días) que los escabeches y encurtidos (85 días). Esta diferencia se debe exclusivamente a la preferencia de los consumidores por los alimentos dulces.

En la Figura 2 se observa la relación entre la época de preparación y la época de consumo de las conservas.

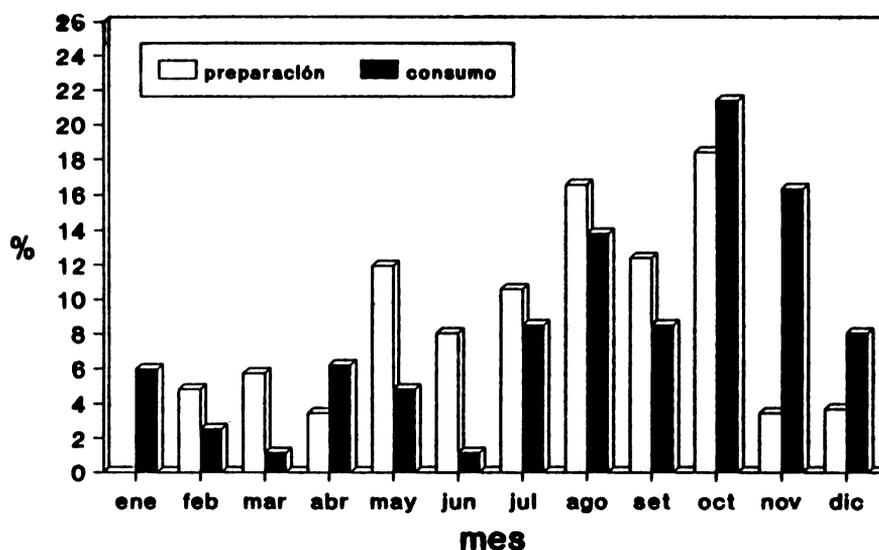


Figura 2 Distribución mensual de la preparación y consumo de conservas (promedio años 92 y 93), Jutiapa, Guatemala.

Finalmente, en cuanto al uso de los alimentos conservados, el 91% de las conservas fueron destinadas al consumo dentro del núcleo familiar básico, el 4,5% consumieron la mayor parte y vendieron a vecinos, y el restante 4,5% consumieron la mayor parte y regalaron a familiares o vecinos.

5.5.3 Algunos datos sobre adopción

En el año 1992, 10 mujeres practicaron la conservación de alimentos en sus casas después de la capacitación. Al año siguiente 12 mujeres realizaron la actividad por su propia iniciativa y, de ellas, el 58,4% la realizaban por segunda vez consecutiva. La opinión de las mujeres que aprendieron técnicas de procesamiento y conservación de alimentos fue positiva. También manifestaron que es bueno conservar frutas y hortalizas para consumir en la época de escasez al tiempo que no pierden parte de la producción por pudrición (80%).

El único problema que encontraron algunas mujeres (15%) es que no pueden almacenar las conservas durante bastante tiempo por carecer de mayor número de frascos o porque éstos no son apropiados (principalmente sin cierre hermético).

5.6 Consideraciones finales

Se presentaron varias alternativas productivas en huertos caseros, cuya exploración por parte del Proyecto Agrosilvopastoril en cuatro países demostró viabilidad y pertinencia dentro del contexto de los pequeños productores en zonas de ladera con sequía estacional. Sin embargo, el campo de trabajo en huertos caseros es mucho más amplio y amerita tanto promover lo que se conoce como investigar y caracterizar más lo menos conocido.

Entre los aspectos más relevantes, destaca:

1. La participación de la mujer en las diversas actividades de los huertos es tradicionalmente amplia, lo cual vuelve prioritaria esta actividad para proyectos que busquen enfatizar el desarrollo de la mujer; la consideración del mercadeo debe ocupar un lugar preponderante.
2. Los huertos caseros representan una amplia gama de actividades, mayormente pero no exclusivamente productivas; la diversidad de especies que usualmente se maneja en ellos o podría manejarse, los vuelve un elemento relevante para la conservación de la diversidad biológica.
3. Los bajos y variables rendimientos tras la introducción inicial de prácticas de producción con cultivos anuales, indican la necesidad de dar mayor capacitación y seguimiento y de contar con agua para riego y efectivo para la compra de los insumos necesarios; al respecto, resaltó también la necesidad de cercar con malla de alambre los huertos hortícolas para protegerlos de los animales domésticos.
4. Es importante incluir aspectos de disponibilidad continua de semilla y plántulas en un programa de huertos caseros; los productores deben ser capacitados para guardar semilla y establecer semilleros y viveros, en los casos que corresponde.

- X 5. Los huertos enfatizando frutales y otros perennes son preferidos en muchos casos por la baja demanda en mano de obra y la menor variabilidad en los rendimientos; la desventaja relativa de un huerto de frutales es que los beneficios tardan más en expresarse.
6. En el caso de especies menores, resultó particularmente relevante un programa sanitario para el manejo de aves, implementado por mujeres.
7. Resaltó la necesidad de aumentar la percepción de los productores sobre los aspectos de la rentabilidad económica y otras características productivas de las aves y otras actividades en el huerto; de esta forma, se logrará una mayor aceptación de tecnologías y estrategias con miras a aumentar y estabilizar la productividad.

Referencias

- Araya, J.L. y M. Padilla. 1986. Producción Porcina. Editorial UNED. San José, Costa Rica.
- Denen, H. 1993. Mujer campesina y comercialización: responsabilidades, beneficios y gastos de las mujeres en Choluteca, Honduras. *In*: J.A.J. Karremans, R. Radulovich y R. Lok (eds.): La mujer rural, su papel en los agrosistemas de la región semiseca de Centroamérica. Serie Técnica, Informe Técnico no. 213, CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Dubois, J. 1985. Sistemas y prácticas agroforestales para los trópicos húmedos de baja altura: una contribución para el estado actual de conocimiento. *In*: Taller sobre investigación agroforestal en la región amazónica, Loreto, Brasil. pp. 348-349.
- Dupriez, H. y P. De Leener. 1984. African gardens and orchards. Growing vegetables and fruit. Land and life series. Hong Kong. pp. 227-229.
- EAP (Escuela Agrícola Panamericana). 1993. Guía práctica para el cultivo de hortalizas. Tegucigalpa, Honduras.
- EAP (Escuela Agrícola Panamericana). s.f. Horticultura. Manual de prácticas de campo. Tegucigalpa, Honduras.
- Fernández, E.C.M. y P.K.R. Nair. 1986. An evaluation of structure and function of tropical gardens. *Agricultural Systems*, 22:279-310.
- Geilfus, F. 1989. El árbol al servicio del agricultor: manual de agroforestería para el desarrollo rural. ENDA-CARIBE, Santo Domingo, República Dominicana. pp. 208-236.
- Kass, D. 1991. Huertos caseros: un sistema agroforestal empírico, Curso Desarrollo de Sistemas Agroforestales. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Lubbers, A. 1993. El trabajo de la mujer en familias campesinas de Honduras y Nicaragua. *In*: J.A.J. Karremans, R. Radulovich, R. Lok (eds.): La mujer rural, su papel en los agrosistemas de la región semiseca de Centroamérica. Serie Técnica, Informe Técnico no. 213, CATIE, Turrialba, Costa Rica.

- Morales, G. 1992. Fundamentos de alimentación, manejo y sanidad bovina. Serie Técnica. Informe Técnico no. 189. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Morales, G.A. y L.E. Beltrán. 1979. Enfermedades porcinas de importancia en el trópico colombiano. CIAT. Serie 0955-1.
- Paredes, E.R.; R. Asabá, y J.R. Salazar. 1992. Evaluación de diez materiales de gandul (*Cajanus cajan* Mill.) en monocultivo y asociado con maíz, en tres localidades del departamento de Jutiapa. Guatemala. Mimeógrafo.
- Pederson, E.H. s.f. Guía para control de las enfermedades en las aves. Asociación Americana de Soya. A.N 25. México D.F, México.
- Prado, A. y F. Calero. 1994. Caracterización de huertos caseros. Ponencia en IV Congreso sobre Generación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria, Managua, abril 1994.
- Radulovich, R., R. Rodríguez y O. Moncada. 1994. Captación de agua de lluvia en el hogar rural. Serie Técnica, Informe Técnico no. 220, CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Soemarwoto, O., I. Soemarwoto, O. Karyono, E.M. Soekartadireedja y A. Ramlan. 1985. The javanese home-garden as an integrated agroecosystem. Food and Nutrition Bulletin, 7(3):44-47.
- Ulate, E. y Muñoz, L. 1994. Situación alimentaria-nutricional de las familias rurales del trópico semiseco de Centroamérica. Serie Técnica. Informe Técnico no. 217. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Valdivia, E. 1992. Caracterización y análisis económico de cuatro huertos caseros en las regiones II y IV de Nicaragua. Convenio CATIE/IRENA. Nicaragua.
- Wray, M. y C. Palacio. 1990. Industrialización de las frutas. Ministerio de Agricultura y Ganadería, FUNDAGRO, Ecuador.

Principales Publicaciones del Proyecto Agrosilvopastoril

- Radulovich, R. y J.A.J. Karremans. 1993. Validación de tecnologías en sistemas agrícolas. Serie Técnica, Informe Técnico no. 212, CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Karremans, J.A.J., R. Radulovich y R. Lok. 1993. La mujer rural: su papel en los agrosistemas de la región semiseca de Centroamérica. Serie Técnica, Informe Técnico no. 213, CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Karremans, J.A.J. 1994. Análisis de género: conceptos y métodos. Serie Técnica, Informe Técnico no. 215, CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- CATIE. 1994. Estufas ahorradoras de leña para el hogar rural: validación y construcción. Serie Técnica, Informe Técnico no. 216, CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Ulate E. y L. Muñoz. 1994. Situación alimentaria-nutricional de familias rurales del trópico semiseco de Centroamérica. Serie Técnica, Informe Técnico no. 217, CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Radulovich, R., R. Rodríguez y O. Moncada. 1994. Captación de agua de lluvia en el hogar rural. Serie Técnica, Informe Técnico no. 220, CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- CATIE. 1994. El horno forrajero: validación y utilización. Serie Técnica, Informe Técnico no. 221, CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Radulovich, R. (ed.). 1994. Tecnologías productivas para sistemas agrosilvopecuarios de ladera con sequía estacional. Serie Técnica, Informe Técnico no. 222, CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Karremans, J.A.J. 1994. Sociología para el desarrollo: métodos de investigación y técnicas de la entrevista. Serie Técnica, Informe Técnico no. 228, CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Herrera, F., C. Velasco, H. Denen y R. Radulovich. 1994. Fundamentos de análisis económico: guía para investigación y extensión rural. Serie Técnica, Informe Técnico no. 232, CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Personal del Proyecto Agrosilvopastoril-CATIE Año 1993-1994

Costa Rica (sede):

Ricardo Radulovich, Ph.D., Líder
Jan A. J. Karremans, Drs., Antropólogo/Sociólogo
Ana M. Castillo, M.Sc., Zootecnista
Hetty Denen, Ir., Economista Agrícola
Joost van Dijk, Ir., Analista de Sistemas
Miguel Madrigal, Oficial Administrativo
Wagner Hernández, Dipl. Operador de Cómputo
Rosa Elena Chacón, Dipl., Operadora de Cómputo
Ingrid Salazar, Digitadora
Lilliam Mena, Secretaria Ejecutiva
Marisol Cedeño, Secretaria Ejecutiva
Patricia Morales, Secretaria Ejecutiva

Nicaragua:

Orlando Moncada, M.Sc., Coordinador Nacional
Juan A. Rivera, M.Sc., Asistente Técnico
Jazmina Ruiz, Lic., Asistente Técnico
Lesbia Tórrez, Lic., Secretaria

Honduras:

Roduel Rodríguez, Ph.D., Coordinador Nacional
Mauro Tejada, M.Sc., Asistente Técnico
Rosemary Nasser, Ing. Agrónomo, Asistente Técnico
Marla Meléndez, Lic., Digitadora/Análisis
Iris Valladares, Secretaria

El Salvador:

Héctor Medrano, Ph.D., Coordinador Nacional
Jorge Mercado, M.Sc., Asistente Técnico¹
Cecilia Velasco, M.Sc., Asistente Técnico/Economista Agrícola
Reina Moreira, Lic., Asistente Técnico
Maritza Velasco, Dipl., Digitadora
Patricia Hasbún, Secretaria

¹Coordinador Nacional a partir de octubre, 1993.

Guatemala:

Carlos Heer, M.Sc., Coordinador Nacional
Claudia Velásquez, Lic., Asistente Técnico²
Manuel Estrada, Lic., Asistente Técnico
Betzi Rodríguez, Dipl., Digitadora
Iris Chavarría, Secretaria

²Coordinadora Nacional a partir de julio, 1993.