

Serie Técnica  
Informe Técnico N° 221

# EL HORNO FORRAJERO

VALIDACION Y UTILIZACION



Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza

CATIE

1994

Turrialba

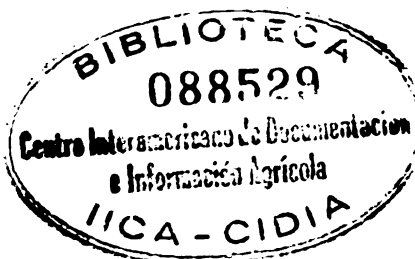
Costa Rica

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

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



Ficha catalográfica:

**631.23**

**H816** El horno forrajero: validación y utilización / CATIE. Proyecto Sistemas Agrosilvopastoriles Sostenibles para Pequeños Productores del Trópico Seco de Centro América. -- Turrialba, C.R.: CATIE, 1994.

42 p.; 24 cm. -- (Serie técnica. Informe técnico/ CATIE; no. 221)

ISBN 9977-57-159-7

1. Silos 2. Almacenamiento de forrajes I. CATIE. Proyecto ...  
II. Título III. Serie

## **PRESENTACION**

El Proyecto Sistemas Agrosilvopastoriles del CATIE inició sus operaciones en 1989, con el objetivo de validar tecnologías a nivel de finca, cuya implementación permita a los pequeños y medianos productores de bajos ingresos contrarrestar problemas de calidad de vida, baja y errática productividad y degradación de sus recursos productivos. La región de acción del Proyecto ha sido la vasta extensión de laderas con marcada sequía estacional en Guatemala, El Salvador, Honduras y Nicaragua, en la que se concentra la mayoría de la población rural, tiene una alta incidencia de pobreza y sufre de una avanzada degradación de los recursos naturales.

Este documento es el resultado de un esfuerzo de varios años por dilucidar la pertinencia de los hornos forrajeros en el contexto de los sistemas agrosilvopecuarios imperantes, según son manejados directamente por los productores mismos. Así mismo, se presenta información sobre algunos aspectos que son de utilidad para futuros esfuerzos de difusión. Considerando que la tecnología es poco conocida en la región, se detallan las principales características de los hornos forrajeros, incluyendo los diversos aspectos relacionados con su implementación y uso. De esta forma, se espera que el documento sea de utilidad tanto para investigadores como para extensionistas.

Aunque la tecnología del horno forrajero presenta una serie de bondades, su implementación por sí sola no significa la solución a los problemas de alimentación del ganado bovino durante la estación seca. Para lograr esto, es necesario implementar una gama de tecnologías--accesibles a los pequeños productores--que en forma interactuante conjuguen los componentes pecuario, cultivos y forestal de manera tal que se utilicen los recursos disponibles eficiente e integradamente.

Ricardo Radulovich  
*Líder*  
Proyecto Agrosilvopastoril  
*CATIE*

Turrialba, febrero 1994

## **RECONOCIMIENTO**

El trabajo de validación del horno forrajero, que permitió la redacción de este informe, es el resultado de la participación de muchas personas e instituciones que laboran en la región semiseca de Centroamérica. En particular, destaca la participación de Claudia Velásquez (Guatemala), Jorge Mercado (El Salvador), Mauro Tejada (Honduras) y Orlando Moncada (Nicaragua), técnicos del Proyecto Agrosilvopastoril del CATIE; y de los técnicos contraparte de la Dirección General de Servicios Pecuarios (DIGESEPE), de Jutiapa, Guatemala; de las Agencias de Extensión del Ministerio de Agricultura de los municipios de Texistepeque, Metapán y Candelaria de la Frontera, Santa Ana, El Salvador; de la Dirección General de Ganadería de la Secretaría de Recursos Naturales, de Choluteca, Honduras; y de la Dirección Regional del Ministerio de Agricultura y Ganadería, Región I, Nicaragua.

La información fue compilada y analizada por el personal técnico del Proyecto Agrosilvopastoril, destacando la participación de Mauro Tejada, Hetty Denen, Ana Castillo, Jan A.J. Karremans y Ricardo Radulovich. La redacción del documento fue coordinada por Ricardo Radulovich y Ana Castillo, con el apoyo secretarial de Patricia Morales e Ingrid Salazar. Se agradece al Ing. Romeo A. Solano, M.C., Líder del Proyecto Arboles Fijadores de Nitrógeno y al Ing. Arnoldo Ruiz, Ph.D., Consultor en Producción Animal, ambos del CATIE, por sus comentarios y sugerencias. En particular, la exhaustiva revisión por parte del Ing. Solano permitió mejorar considerablemente el documento.

El Proyecto Agrosilvopastoril deja constancia de su agradecimiento a los agricultores coejecutores y sus familias, quienes colaboraron con la validación de los hornos forrajeros en sus fincas.

# CONTENIDO

<b>I. INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
<b>II. ASPECTOS TECNICOS DEL HORNO FORRAJERO</b>	<b>5</b>
2.1 Materiales que se pueden conservar	5
2.1.1 Pastos	5
2.1.2 Cultivos	6
2.1.3 Arboles	7
2.1.4 Características del material	7
2.2 El horno forrajero	8
2.2.1 Selección del terreno	8
2.2.2 Tamaño del horno forrajero	9
2.2.3 Excavación de la fosa	10
2.2.4 Llenado, compactación y densidad	10
2.2.5 Sellado	12
2.2.6 Utilización y calidad del material ensilado	13
2.2.7 Necesidades para construir un metro cúbico (m <sup>3</sup> ) de horno forrajero	15
<b>III. COSTOS DE CONSTRUCCION DEL HORNO FORRAJERO</b>	<b>17</b>
<b>IV. USO DEL MATERIAL CONSERVADO EN HORNOS FORRAJEROS</b>	<b>21</b>
4.1 Producción	22
4.2 Recomendaciones sobre uso	23
<b>V. ADOPCION DE LA TECNOLOGIA DE HORNOS FORRAJEROS</b>	<b>25</b>
5.1 Opinión	26
5.2 Uso y manejo	29
5.3 Adaptaciones	31
5.4 Difusión	32
<b>VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>33</b>
<b>VII. BIBLIOGRAFIA</b>	<b>35</b>
<b>APENDICE</b>	<b>37</b>

## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1</b>	<b>Ejemplos de dimensiones de hornos forrajeros.</b>	<b>10</b>
<b>Cuadro 2</b>	<b>Densidad aproximada de algunos materiales vegetativos conservados en hornos forrajeros.</b>	<b>12</b>
<b>Cuadro 3</b>	<b>Materia seca y proteína bruta de varios materiales ensilados (hornos forrajeros).</b>	<b>14</b>
<b>Cuadro 4</b>	<b>Necesidades para construir hornos forrajeros, con base en el tamaño promedio de los hornos y por metro cúbico por país (promedios y desviación estándar).</b>	<b>15</b>
<b>Cuadro 5</b>	<b>Desglose de la mano de obra requerida para la construcción de un metro cúbico de horno forrajero, promedios (d.e.) de Honduras, Nicaragua y El Salvador.</b>	<b>16</b>
<b>Cuadro 6</b>	<b>Presupuesto parcial del horno forrajero para tres países de la región.</b>	<b>18</b>
<b>Cuadro 7</b>	<b>Uso del material conservado en hornos forrajeros (promedios y desviación estándar).</b>	<b>21</b>
<b>Cuadro 8</b>	<b>Meses de utilización del material del horno forrajero.</b>	<b>22</b>
<b>Cuadro 9</b>	<b>Cantidades de material vegetativo a almacenar y número de animales/día que se pueden complementar con hornos de diferentes volúmenes.</b>	<b>23</b>
<b>Cuadro 10</b>	<b>Opinión de una muestra de 30 coejecutores sobre el horno forrajero introducido con asesoría del Proyecto Agrosilvopastoril en su finca.</b>	<b>26</b>

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Forma básica del horno forrajero.	8
<b>Figura 2</b>	Compactación del material utilizando un barril lleno de arena y piedras.	11
<b>Figura 3</b>	Sellado del horno forrajero y zanja de drenaje externa.	13
<b>Figura 4</b>	Relación entre el volumen del horno forrajero y el costo por metro cúbico en Nicaragua (n = 20) y en Honduras (n = 19).	19
<b>Figura 5</b>	Relación entre el volumen del horno y la mano de obra necesaria por metro cúbico en Nicaragua (n = 19).	20
<b>Figura 6</b>	Cantidad de material vegetativo (en kg) almacenado en el horno forrajero en tres fincas en Honduras, en tres años consecutivos.	28

## **I. INTRODUCCION**

Ocupando alrededor de 180.000 km<sup>2</sup>, la región semiseca (o estacional) de laderas de Centroamérica, ubicada entre las altitudes de 50 a 1.500 msnm, se caracteriza por una precipitación anual que varía de 800 a menos de 2.000 mm, con una distribución concentrada entre los meses de mayo a octubre y un período seco de duración variable entre julio y agosto (veranillo). La estación seca o verano se extiende desde noviembre a abril. La temperatura promedio anual varía entre los 20 y los 28 °C (IPGH, 1976; Radulovich, 1993).

La producción de forrajes bajo estas condiciones se caracteriza por un comportamiento estacional, como consecuencia de la distribución de la lluvia a través del año. Esto resulta en que en la estación de lluvias hay una relativamente alta disponibilidad de recurso forrajero, mientras que en la estación seca hay una marcada reducción y, además, es considerable el decrecimiento de su calidad. El déficit forrajero provoca que durante el período seco, en la mayoría de las pequeñas explotaciones ganaderas, los niveles de producción de leche y carne se reduzcan drásticamente, afectándose también la condición física y la eficiencia reproductiva del hato.

Debido a esto, es importante considerar alternativas que permitan conservar parte del excedente de forraje que se produce durante la estación lluviosa, tanto en cantidad como en calidad, a fin de que pueda ser utilizado como complemento en la estación seca. Dentro de estas alternativas, el ensilaje o conservación de forrajes por medio de procesos fermentativos anaeróbicos podría considerarse como una opción factible, siempre que responda a la realidad social y ecológica de los pequeños productores. Las alternativas deben ser de bajo costo y optimizar el aprovechamiento de los recursos disponibles dentro de los esquemas de producción imperantes.

Entre los diversos tipos de silos, el horno forrajero, también llamado silo rústico, cumple con esas premisas, siendo accesible a pequeños y medianos productores de bajos ingresos (Pulido, 1988; Solano y Morales, 1990; Morales, 1992).

Esta tecnología se conoce desde hace muchos años y su estructura y uso se han ido modificando, por ej. desde que Rodríguez (1975) describió el horno forrajero como un "pozo" de forma cúbica para almacenar "malas



yerbas"; mas no así su objetivo, que continúa siendo el mismo: contribuir a solucionar la escasez de alimento de buena calidad en el período crítico de la estación seca.

Con este fundamento y otras experiencias previas del CATIE (Proyecto PRONORTE, Nicaragua), la tecnología del horno forrajero fue sometida a validación por el Proyecto Agrosilvopastoril del CATIE. Se llevó la tecnología a pequeños y medianos productores de la región semiseca de laderas de Centroamérica, específicamente en Jutiapa, Guatemala; Santa Ana, El Salvador; Choluteca, Honduras; y Estelí, Nicaragua, trabajando en estrecha concertación con las instituciones del sector público a cargo de la investigación y extensión agropecuaria. Utilizando la metodología de validación descrita por Radulovich y Karremans (1992, 1993), los hornos forrajeros fueron transferidos entre 1991 y 1993 a estos productores, simulando esfuerzos de extensión, y los beneficios de la tecnología así como diversos aspectos de aceptación, manejo, adaptaciones y adopción fueron registrados por los investigadores.

El objetivo general del Proyecto fue validar, en finca y bajo manejo de los productores, para posteriormente difundir, opciones tecnológicas en los componentes agrícola, pecuario, agroforestal y del hogar, que puedan, de forma integrada e interrelacionada, contribuir en forma sostenible a elevar el nivel de vida y a aumentar y sostener la capacidad productiva en el área. Utilizando un enfoque de sistemas y considerando a la familia como el eje integrador, se seleccionaron, diseñaron o adaptaron, y luego validaron varias opciones tecnológicas conjuntamente con las familias productoras, utilizando el enfoque participativo. Un aspecto metodológico fundamental es que se promovieron solamente opciones tecnológicas costeables por el pequeño productor rural, escogidas y aceptadas voluntariamente por ellos de un abanico tecnológico que se les ofreció, aumentando así la posibilidad de permanencia y adoptabilidad de cualquier cambio introducido.

Aparte de validar cada tecnología y documentar/difundir los resultados, un objetivo fue postular un modelo de desarrollo rural, que sea sostenible a nivel de finca y viable en la medida que es autocosteable por el productor. Esto se realizó partiendo del principio de que cada subsistema dentro del sistema finca debe ser sostenible para que el sistema entero lo sea. Básicamente este objetivo implica elevar los niveles de productividad de las actividades principales en cada subsistema hasta su nivel potencial y no solo en uno.

Los coejecutores (productores participantes) del Proyecto, fueron seleccionados por varias características sociales, económicas y de producción agropecuaria. En general se clasifican como pequeños y medianos productores de escasos recursos económicos, con tierra total o parcialmente propia dedicada a la producción agrosilvopecuaria, en diversas medidas de subsistencia.

Las fincas donde se realizaron las actividades de validación de tecnologías tienen en promedio una extensión de 16,5 ha, variando de 1,1 a 47,9 ha, de las cuales el 8% está ocupada por bosque y el 70% por pastizales y charrales. El promedio del hato bovino es de 16,9 cabezas por finca, variando entre 2 y 30; el 50% de los productores tiene 11 o menos cabezas de ganado. La ganadería que se practica se define en términos amplios como extensiva de doble propósito. Las razas predominantes son: ganado cebuino (50%), criollo/indefinido (25%) y *Bos taurus* definido con encaste de Pardo Suizo y, menormente, Holstein (25%). Otros aspectos del componente bovino y los otros componentes de estos sistemas agrosilvopecuarios han sido tratados por Radulovich (1993); Morales (1992) ha presentado diversos aspectos de manejo bovino aplicados a estas condiciones.

La tecnología de hornos forrajeros, a pesar de su antigüedad, era poco conocida en la región, por lo que de previo a la validación se capacitó a los técnicos contrapartes del Proyecto Agrosilvopastoril en cada país a través de talleres, charlas y giras demostrativas. Esta capacitación y otras posteriores permitieron formar un contingente técnico en los cuatro países de acción del Proyecto, capaz de difundir ésta y otras tecnologías.

Posteriormente se capacitó y asesoró a los coejecutores mediante giras de campo en cada municipio donde se desarrolló el Proyecto. En esos días de campo se dio una charla sobre la construcción, diseño y ventajas del horno forrajero y se construyó uno, aplicando así la metodología de aprender haciendo. También se hicieron días de campo cuando se abrieron los hornos, uno por municipio, en donde se invitó a coejecutores y otros productores de la región, buscando un efecto multiplicador. Aparte de estos dos eventos grupales, la transferencia implicó además una visita al productor durante el día de llenado de su horno (la implementación de la tecnología fue realizada con los recursos del productor mismo); esta tercera visita puede ser integrada dentro de un evento grupal, llevando al mismo tiempo a otros productores a participar en el evento, lo cual abarata los costos de transferencia.

**A pesar de ser una tecnología mayormente desconocida, se encontró de mediana a alta aceptación de ésta por parte de los productores (en este caso por escogencia voluntaria para implementarla, de un menú de tecnologías ofrecido en sesiones grupales). Entre el 50 y el 80% de los productores en cada uno de los cuatro países aceptó implementar la tecnología tras habérsela presentado e ilustrado con gira de campo. Esta aceptación representa una situación bastante positiva respecto a la futura difusión de la tecnología, lo cual es analizado posteriormente.**

## II. ASPECTOS TECNICOS DEL HORNO FORRAJERO

El horno forrajero es un silo cavado en la tierra que sirve para conservar material forrajero por medio del proceso fermentativo anaeróbico. Este proceso, de aproximadamente un mes de duración, es precedido por una fase aeróbica corta, en la cual las bacterias aeróbicas y facultativas agotan todo el oxígeno presente en el horno y consumen parte de los carbohidratos disponibles, produciendo calor y dióxido de carbono. Al terminar este período de transición, se inicia una fase anaeróbica, caracterizada por la multiplicación de lactobacilos que actúan sobre los carbohidratos solubles para producir ácido láctico y otros ácidos orgánicos como el acético, propiónico y butírico, en pequeñas cantidades. Estos ácidos reducen el pH a 4,5 o menos, inhibiendo por exceso de acidez el desarrollo de bacterias y consecuentemente la actividad enzimática. De esta forma el material es conservado y a partir de este momento puede utilizarse (Bretigniere y Khatchadourian, 1962; Merino, 1973; Solano *et al.*, 1994).

### 2.1 Materiales que se pueden conservar

En lo que se refiere a regiones con sequía estacional, y a pesar de que se puede conservar el tipo de forraje que el productor tenga disponible en la finca (incluyendo algunas malezas; Rodríguez, 1975), la diversidad de estos forrajes es generalmente limitada por las propias condiciones ecológicas de la zona. Seguidamente se destacan los materiales que han sido más usados en la región centroamericana para su conservación en hornos forrajeros:

#### 2.1.1 Pastos

Las gramíneas forrajeras más utilizadas son:

<u>Nombre común</u>	<u>Nombre científico</u>
Jaragua	<i>Hyparrhenia rufa</i>
Guinea	<i>Panicum maximum</i>
King grass, Taiwán	<i>Pennisetum purpureum</i>
Gamba, ICTA Real, Otoreño-1, Carimagua	<i>Andropogon gayanus</i>
Estrella	<i>Cynodon nlemfluensis</i>

Los pastos fueron básicamente utilizados en mezclas con material vegetativo de sorgo o maíz. En raras excepciones se conservaron solo pastos. En Honduras y El Salvador, algunos productores disponían de lotes pequeños de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y quisieron almacenar parte del material en hornos forrajeros. La recomendación es agregarla en cantidad equivalente al 30% en hornos con pasto (Arroyo, 1977); esto es incluso conveniente debido a que los pastos muestran niveles de carbohidratos solubles bajos, normalmente por debajo de los requerimientos mínimos para servir como recurso energético que permita una adecuada fermentación láctica.

### **2.1.2 Cultivos**

El material vegetativo de los cultivos de granos básicos (maíz, sorgo y sorgos criollos), fue preferido por los pequeños y medianos productores de la región. En Guatemala, siguiendo una metodología desarrollada por el ICTA, se utilizó mayoritariamente punta de maíz, por ser un recurso disponible después de la dobla y que anteriormente era aprovechado solamente como rastrojo. En Nicaragua, la caña del maíz fue preferida por los productores en el año 91/92 y la del sorgo en el año 92/93. En Honduras y El Salvador el sorgo fue el más utilizado. A excepción de la guate de sorgo, que tradicionalmente se siembra en la época de postrera, el maíz y el sorgo no se sembraron específicamente para producir forraje, lo cual en algunas instancias se presta a poca disponibilidad de material. El material vegetativo se conservó después de la cosecha de las mazorcas y/o panojas, o se aprovechó cuando no lograron desarrollar el grano por causa de una sequía (lo cual representa una buena oportunidad para que los productores rescaten parcialmente algunos beneficios de una cosecha fallida).

El material vegetativo del maíz (excepto cuando se usa exclusivamente la punta) y del sorgo se considera de suficiente calidad para conservarse en hornos, pues contiene niveles adecuados de carbohidratos solubles (Castro, 1984), lo cual permite el desarrollo del proceso fermentativo.

### 2.1.3 Árboles

Las especies de árboles cuyo follaje fue utilizado en Honduras y Nicaragua fueron:

<u>Nombre común</u>	<u>Nombre científico</u>
Guácimo o Caulote	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Madero Negro, Madreado o Madrecacao	<i>Gliricidia sepium</i>
Tigüilote	<i>Cordia dentata</i>
Leucaena o Yaje	<i>Leucaena</i> spp.

El follaje de estas especies, rico en proteínas, se ensiló en bajas proporciones mezclado con pasto, maíz y/o sorgo. Su uso es recomendable porque aumenta el nivel de proteína del ensilaje. El material utilizado proviene de diversos tipos de siembras: cercas vivas, cortinas rompevientos, bancos de proteína, barreras vivas; también puede provenir de estas y otras especies de los charrales presentes en la mayoría de las fincas.

### 2.1.4 Características del material

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 deshidratado o marchitamiento del forraje en el campo después del corte, siempre que las condiciones climáticas lo permitan. Con ello se logrará disminuir el contenido de humedad y favorecer las condiciones para su conservación.

Para determinar el momento apropiado de almacenar un material, se toma una muestra del forraje picado 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 (Castellón *et al.*, 1992).

## 2.2 El horno forrajero

Como se muestra en la Figura 1, el horno forrajero es una fosa simétrica de forma trapezoidal. Es de fácil construcción; sin embargo, es necesario tener cuidado en algunos aspectos del procedimiento para evitar fracasos y disminuir las pérdidas parciales o totales del material ensilado.

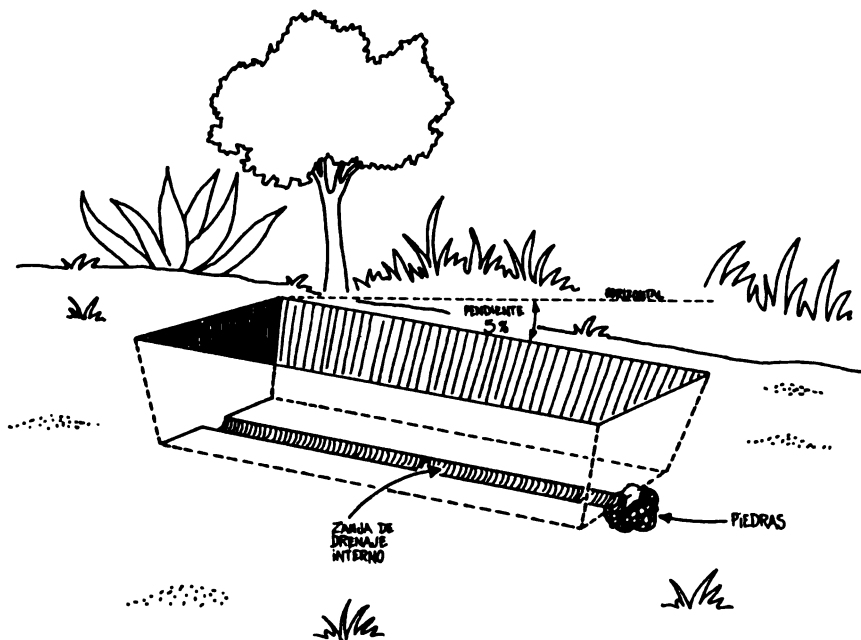


Figura 1 Forma básica del horno forrajero.

### 2.2.1 Selección del terreno

Es recomendable situar el horno 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 preferiblemente en el sitio más elevado de ésta para evitar que reciba mucha escorrentía o drenaje de arriba. Es también conveniente localizar el horno cerca del lugar donde se alimentan los animales (alternativamente, se recomienda construir el horno cerca del origen del material a ensilar, reduciendo así de una u otra forma los costos de acarreo).

### 2.2.2 Tamaño del horno forrajero

El tamaño del horno forrajero depende del número de animales, del número de días de alimentación para los que se pretende utilizar y de la cantidad de ensilaje que consume cada animal. Según indica nuestra experiencia, bajo condiciones rústicas de construcción, es preferible construir más de un horno en vez de ampliar demasiado el tamaño de uno de ellos. Sin embargo, como se discute más adelante, debido a que los costos por metro cúbico se reducen considerablemente con el tamaño de cada horno, tampoco es recomendable construir hornos muy pequeños (menores que 4m<sup>3</sup>).

El cálculo del volumen de un horno con talud solamente a lo ancho (paredes laterales inclinadas, paredes de los extremos en ángulo recto), se realiza con la siguiente relación matemática:

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

donde: V = volumen

B = base mayor (ancho de la superficie)

b = base menor (ancho del fondo)

h = profundidad

L = longitud (largo)

En el Apéndice se detalla un ejemplo de cálculo de volumen de un horno forrajero, incluyendo la cantidad de material de ensilaje necesario.

La capacidad de un horno con talud a lo ancho y a lo largo (las cuatro paredes anguladas), que es lo más recomendado, se calcula con:

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

donde: l = longitud menor (en el fondo del horno)

En el caso de que la inclinación de las paredes sea poca, y para efectos prácticos de campo, el volumen del horno se aproxima multiplicando ancho por largo por profundidad.

Para su implementación en fincas pequeñas, Solano y Roca (1990) y Morales (1992) recomiendan que la fosa tenga una base mayor (B) de 2,5 m, una base menor (b) de 2 m, una profundidad (h) de 1 m o un poco más y que



la longitud (L) sea determinada por la cantidad de material que se desee almacenar. Durante el proceso de validación, en promedio en la región se construyeron hornos con una base mayor de 2,1 m, una base menor de 1,5 m, una profundidad de 1,0 m y una longitud de 2,3 m con excelentes resultados. En el Cuadro 1 se dan algunos ejemplos de dimensiones de hornos, con lo cual se muestra la gran gama de opciones existentes. Se reitera, sin embargo, que hornos muy pequeños (<4m<sup>3</sup>) son menos eficientes respecto al costo por metro cúbico.

**Cuadro 1 Ejemplos de dimensiones de hornos forrajeros.**

Ejemplo	B (m)	b (m)	h (m)	L (m)	l (m)	V (m <sup>3</sup> )
1	3,0	2,0	1,0	12,0	-	30,0
2	4,7	4,5	1,2	1,9	1,0	8,0
3	2,6	1,3	1,7	2,7	1,3	6,6
4	2,0	1,0	1,0	3,0	-	4,5
5	1,9	1,7	0,6	3,0	-	3,2

### 2.2.3 Excavación de la fosa

La fosa se hace manualmente con las herramientas comunes (por ejemplo: pala y pico). Después de excavar la fosa se hace una zanja de drenaje interno, ubicada a lo largo y al centro del horno, de aproximadamente 20 cm de ancho y 20 cm de profundidad. Al final de la zanja de drenaje se excava un hueco en la pared o en el piso y se rellena con piedra fina para permitir la salida del agua o líquido del material almacenado (Figura 1).

### 2.2.4 Llenado, compactación y densidad

Antes de iniciar con el llenado, el piso del horno debe cubrirse con una capa de 8 a 10 cm de material vegetal seco; por ejemplo, pasto jaragua o caña de maíz. En Choluteca, Honduras, se perdió (pudrió) la mayor cantidad del material ensilado cuando se utilizó rastrojo de frijol como material aislante. Las paredes se deben ir cubriendo con una capa del mismo material y de igual grosor, al tiempo que se va llenando.

El material ensilado se conserva entero o partido a la mitad, colocándolo 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. En caso de que se quisiera agregar caña de azúcar, ésta se coloca intercalándola entre las capas de forraje con el propósito de lograr una distribución homogénea. El horno puede llenarse hasta un metro sobre la superficie, ya que ese nivel bajará con la compactación final y el peso de la tierra.

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. Para efectos prácticos, se compacta el material cada 20 a 30 cm de espesor y se realiza, en las primeras fases de llenado, por apisonamiento con personas caminando sobre el material y, en las fases finales del llenado, con un barril lleno de arena, piedra pequeña o granos (Figura 2).



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

Ya que en el horno forrajero el material se conserva sin picar (entero), esto tiene un efecto importante sobre la densidad final que se logra. En el Cuadro 2 se muestran ejemplos de las densidades obtenidas con diferentes materiales forrajeros, las cuales son menores que las densidades de materiales con tamaño de partícula de 1,5 a 3 cm que se conservan en silos tradicionales.

**Cuadro 2** Densidad aproximada de algunos materiales vegetativos conservados en hornos forrajeros (datos de casos seleccionados; los valores pueden variar dependiendo de varios factores).

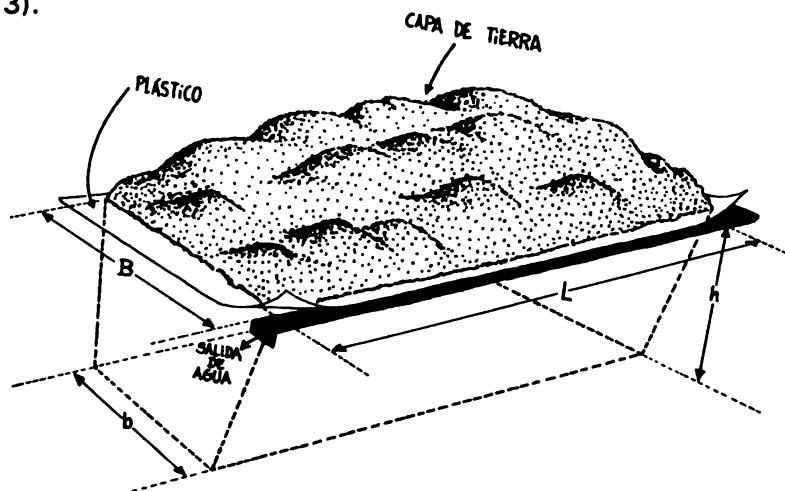
Material Vegetativo	kg/m <sup>3</sup>
Punta de maíz	425
Maíz	391
Maicillo	253
Sorgo	333
Pasto elefante	324
Sorgo (de guate)	245
Pasto king grass + maíz (6:1)	310
<i>Promedio</i>	<i>326</i>

### 2.2.5 Sellado

Esta etapa final del proceso es muy importante y debe realizarse correctamente. Un buen sellado evita 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, usualmente negro. Posteriormente el plástico se cubre con una capa de tierra o arena, la que permite consolidar el material ensilado, proteger el plástico y mantener las condiciones herméticas. Tanto el plástico como la capa de tierra deben cubrir la superficie del horno en exceso, para impedir entradas laterales de aire.

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 de drenaje externa. La zanja puede ir más alejada del horno que lo que la figura muestra.

### 2.2.6 Utilización y calidad del material ensilado

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 iniciar la utilización del material o puede guardarse para ser utilizado durante la época seca. Después de que se abre el horno forrajero, es conveniente evitar exponer el material restante al aire, además de ser prudente el continuar utilizando el material hasta acabarlo, en vez de pretender resellar el horno y volver a guardar el material por algún período prolongado.

El horno se abre por un extremo (a lo ancho), removiendo con cuidado la tierra para no dañar el plástico, que será vuelto a utilizar. Se descarta el material aislante y, con éste, a menudo la capa superficial de material ensilado que presenta evidencia de podredumbre. El material adecuadamente preservado se ofrece por lo general entero a los animales, sin necesidad de partirlo o picarlo; esto es posible por su textura suave, que permite una fácil manipulación por los animales.

Si todos los detalles de procedimiento que influyen directamente sobre el proceso fermentativo se controlan, se puede esperar que las pérdidas de material ensilado no sean mayores al 10%. El material perdido se destaca por su aspecto de pudrimiento. En todo caso, antes de descartar un material que a primera impresión de un usuario novato no parece adecuado, es preferible dejar que sea el ganado el que decide si lo come o no.

En principio el valor nutritivo del material ensilado depende del valor nutritivo inicial del forraje, pues el proceso de fermentación no lo mejora, solo lo mantiene. En algunas mediciones realizadas en Nicaragua, el % de materia seca de sorgo y maíz aumentó durante el ensilado, principalmente debido a las pérdidas de líquidos durante el ensilaje; el contenido de proteína bruta se mantuvo prácticamente igual.

En el Cuadro 3 se muestran los contenidos de materia seca y proteína bruta de diferentes materiales conservados en hornos forrajeros. Estos son nutricionalmente superiores, por el contenido de proteína y de agua, al pasto lignificado y rastrojo de cultivos que básicamente consumen los animales durante la época seca, cuyos valores de proteína bruta oscilan entre 1,5 y 2,5% y los de materia seca son superiores al 90%.

**Cuadro 3** Materia seca y proteína bruta de varios materiales ensilados (hornos forrajeros)<sup>1</sup>.

Tipo de material	Componentes (en %)	
	Materia Seca	Proteína Bruta
Punta de maíz	28,9	6,1
Sorgo C-21 y Centa sin panoja	23,2	7,6
Sorgo (tipo guate)	43,6	5,6
Guinea	34,7	5,3
Jaragua	30,2	6,1
Sorgo Mictlán	45,5	4,0

<sup>1</sup>Laboratorio Bromatológico de la Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua.

La calidad del material de los hornos fue también establecida en el campo por su característico olor semejante al de la melaza de caña, por el cambio de color verde a verde-amarillo o verde-castaño y, por último, los productores observaron que el material fue altamente apetecido por los animales.

## 2.2.7 Necesidades para construir un metro cúbico (m<sup>3</sup>) de horno forrajero

Por la dificultad que representa el comparar los diferentes materiales usados en la construcción de hornos de volúmenes diferentes, los cálculos se estandarizaron por m<sup>3</sup>. Como se observa en el Cuadro 4, la cantidad de forraje verde que se almacenó en un metro cúbico fue mayor en Nicaragua debido entre otros factores a la forma de apisonado y al tipo de material. En Honduras y El Salvador el apisonado lo realizaron personas utilizando los pies únicamente, mientras que en Nicaragua, donde se construyeron los hornos más grandes, se utilizó un barril lleno de tierra o arena. Con respecto al tipo de material ensilado, en Nicaragua se usó maíz o sorgo que no llegaron a fructificar debido a la sequía, mientras que en Honduras y El Salvador se ensiló la planta entera de sorgo o maíz después de la cosecha; éstos últimos tienen tallos más gruesos por lo que es difícil lograr una mayor compactación y consecuentemente la densidad obtenida es menor. El alto valor de densidad para Guatemala se explica por el menor tamaño de los hornos, lo cual facilitó la compactación. El bajo valor para el plástico en Nicaragua se debe a que solamente dos productores lo utilizaron; por esta razón no se incluye en el promedio total.

**Cuadro 4** Necesidades para construir hornos forrajeros, con base en el tamaño promedio de los hornos y por metro cúbico por país (promedios y desviación estándar).

	Guatemala (n = 8)	Honduras (n = 19)	Nicaragua (n = 20)	El Salvador (n = 10)	Promedio Total (n = 49) <sup>1</sup>
<i>Por horno</i>					
Volumen (m <sup>3</sup> /horno)	1,7 (3,1)	3,3 (1,8)	7,2 (5,8)	2,4 (1,4)	4,7 (4,4)
Forraje verde (kg/horno)	703 (1304)	880 (435)	2940 (2014)	624 (380)	1669 (1689)
Mano de obra (jornal/horno)		11,7 (11,7)	8,1 (1,7)	3,4 (1,8)	8,5 (3,8)
Plástico (m/horno)		7,1 (1,8)	1,0 (2,4)	6,0 (3,1)	4,4 (3,7)
<i>Por metro cúbico</i>					
Forraje verde (kg/m <sup>3</sup> )	410 (18)	276 (74)	418 (58)	271 (55)	333 (95)
Mano de obra (jornal/m <sup>3</sup> )		4,2 (2,1)	1,4 (0,6)	1,6 (0,4)	2,6 (1,9)
Plástico (m/m <sup>3</sup> )		2,5 (1,1)	0,1 (0,2)	2,8 (1,0)	2,6 (1,2) <sup>2</sup>

<sup>1</sup>No hay algunos datos para Guatemala; para mejor comparación se calcula con el promedio de El Salvador, Honduras y Nicaragua.

<sup>2</sup>El promedio para plástico se calculó con los datos de Honduras y El Salvador.

En promedio, se necesitan 2,6 jornales para la construcción de un metro cúbico de horno forrajero; el alto valor reportado para Honduras se debe a que los hornos fueron construidos cerca del encierro de los animales, lo que implicó un gran costo de acarreo del material (Cuadro 4). En el desglose de mano de obra requerida para las diferentes actividades (Cuadro 5), resalta que sellar el horno es la actividad que toma menos trabajo. Cavar el hueco, cortar el forraje, acarrearlo y apisonarlo son actividades que requieren cada uno por lo menos medio jornal por metro cúbico de horno forrajero. En comparación, para los hornos construidos en Honduras se reportó más mano de obra por metro cúbico que en los otros países, lo cual se asocia con la distancia entre la fuente de forraje y la ubicación del horno. Como se verá más adelante, los requerimientos de mano de obra requerida por m<sup>3</sup> de horno disminuyen considerablemente en la medida que aumenta el volumen del horno. Por lo tanto, los valores que se muestran en el Cuadro 5 serán menores en la medida que se implementen hornos forrajeros de tamaño mediano a grande. También, los requerimientos de mano de obra para excavar la fosa disminuyen considerablemente después del primer año, limitándose al mantenimiento o ampliación.

**Cuadro 5** Desglose de la mano de obra requerida para la construcción de un metro cúbico de horno forrajero, promedios (d.e.) de Honduras, Nicaragua y El Salvador.

Mano de obra	Total (n = 49)
Hueco	0,7 (0,6)
Corte forraje	0,6 (0,5)
Acarreo	0,5 (0,5)
Apisonado	0,7 (0,6)
Sellado	0,2 (0,1)
<b>TOTAL</b>	<b>2,6 (1,9)</b>

### III. COSTOS DE CONSTRUCCION DEL HORNO FORRAJERO

En el Cuadro 6 se muestran los beneficios y los costos variables de los hornos construidos. Para los cálculos, y tras observación, se consideró que hay pérdidas normales del material vegetativo durante el almacenamiento que equivalen al 10% del forraje verde ensilado. Solano *et al.* (1994), reportan pérdidas esperadas por pudrición del 10% y por desperdicio del ganado durante la alimentación en el corral, también del 10%. Es importante acotar que pese a la diversidad de materiales ensilados por país, se les dio el mismo valor para el análisis económico, puesto que la diferencia en el costo de oportunidad entre estos productos es bajo y que el precio del material forrajero se obtuvo mediante consulta a los productores sobre el precio al que venderían ese material en la estación seca. El beneficio bruto por metro cúbico del horno forrajero depende de la densidad y el precio por kg de material ensilado. En Nicaragua, la densidad obtenida y el precio relativo del ensilaje fueron más altos que en los otros países, de aquí que el beneficio bruto por metro cúbico es también mayor.

El material vegetativo es el rubro que más afecta (69%) el costo total de construcción del horno en la región ( $r = 0,86$ ;  $p < 0,01$ ). Le sigue la mano de obra (24%; con  $r = 0,50$ ;  $p < 0,01$ ). El costo del plástico tiene poca influencia (7%) en los costos totales de la construcción ( $r = 0,28$ ; n.s.). Esto último puede relacionarse con el hecho de que en Nicaragua el uso del plástico fue opcional, únicamente el 10% de los coejecutores lo utilizaron para sellar el horno, y de forma limitada, debido a que es un insumo caro (de hecho, es el único insumo que requiere desembolso, lo cual es sumamente importante al considerar los costos de un horno ya que éstos pueden o no incluir el forraje y la mano de obra, mas no así el plástico).

A partir de los costos de oportunidad considerados para hacer los cálculos, resulta que la tecnología es rentable. Por cada dólar invertido, se recibe en promedio 92% extra. Sin embargo, no todos los beneficios y costos son flujos monetarios puesto que el propósito de esta tecnología es realizarla con materiales y mano de obra disponibles en la finca.



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

<sup>1</sup>El precio del forraje verde es 0,025 US\$/kg en Honduras, 0,070 S\$/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.

<sup>2</sup>Los cálculos de mano de obra se basan en la necesidad promedio de 2,6 jornales (Cuadro 5); 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.

<sup>3</sup>Del Cuadro 4 se deriva la cantidad de plástico usado en cada país, el cual cuesta 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.

Aun cuando se determinó mediante consulta a los productores, el cambio en precio del forraje verde a ensilaje por medio del horno forrajero fue considerable, aunque varió bastante entre los países: en Honduras fue de 4,8 veces, en El Salvador de 4,0 y en Nicaragua fue de solo 2,3 veces (a pesar de que se utilizó plástico de manera muy limitada).

Como se esperaba, el volumen del horno tiene influencia sobre el costo por m<sup>3</sup> (Figura 4), en el sentido de que hornos de volúmenes más grandes involucran costos por m<sup>3</sup> menores ( $r = -0,80$ ,  $p < 0,01$  y  $r = -0,84$ ,  $p < 0,01$ , para Nicaragua y Honduras, respectivamente). Aunque no se muestra, la relación fue igualmente decreciente para los datos de El Salvador (no hay datos para Guatemala).

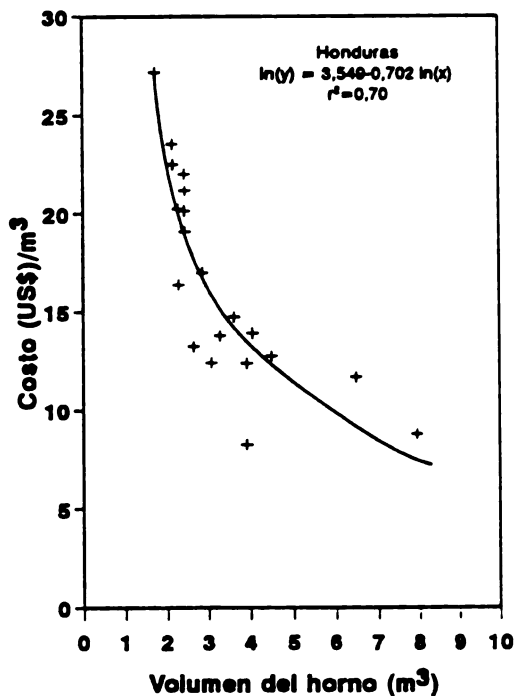
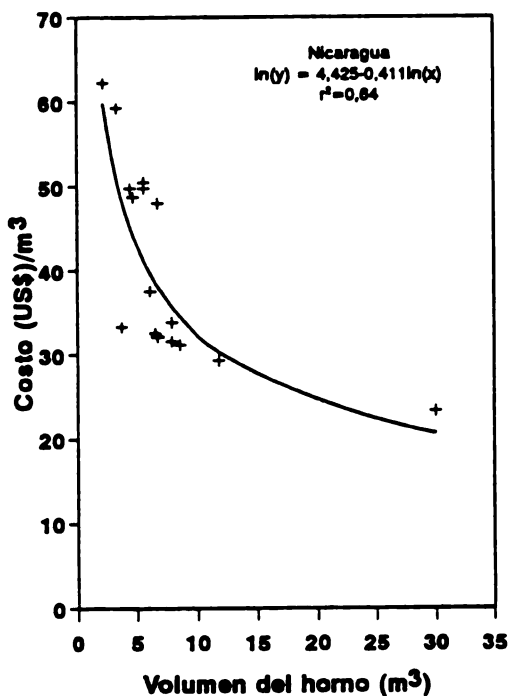
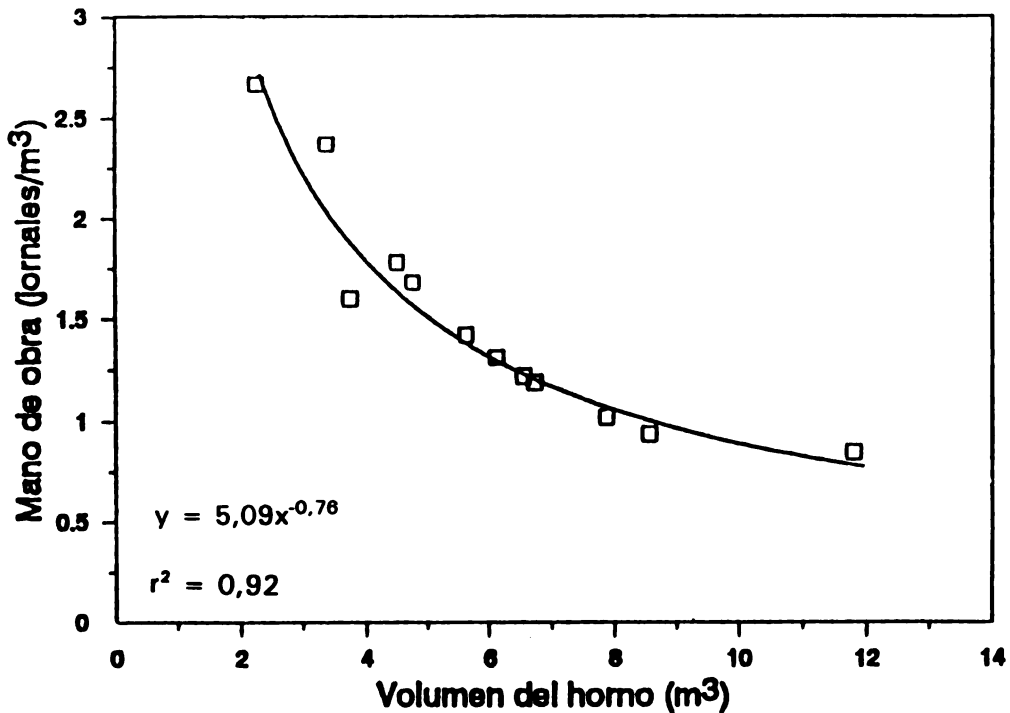


Figura 4 Relación entre el volumen del horno forrajero y el costo por metro cúbico en Nicaragua (n = 20) y Honduras (n = 19).

También se presenta economía de escala con la mano de obra por metro cúbico, lo cual no fue detectado con el forraje verde ensilado o el plástico. Se encontró una estrecha relación inversa entre el volumen del horno y la mano de obra necesaria para la construcción por m<sup>3</sup> en Nicaragua ( $r = -0.96$ ,  $p < 0.01$ ). La relación (Figura 5) indica que la mano de obra requerida por m<sup>3</sup> disminuye considerablemente para hornos de 4 o más m<sup>3</sup>.



**Figura 5** Relación entre el volumen del horno y la mano de obra necesaria por metro cúbico en Nicaragua (n = 19).

En conclusión, y aunque en promedio por m<sup>3</sup> el horno forrajero es una tecnología rentable (Cuadro 6), al analizar 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 m<sup>3</sup>) es poco factible en pequeñas explotaciones e incluso riesgosa cuando se utilizan medios rústicos, un rango óptimo es entre 4 y 10 m<sup>3</sup>. Según se recomendó antes, la opción a preferir es construir más de un horno en vez de ampliar en demasía el tamaño de solo uno.

## IV. USO DEL MATERIAL CONSERVADO EN HORNOS FORRAJEROS

Los productores con quienes se validó esta tecnología, decidieron el tamaño del horno a construir basándose en la disponibilidad de materiales y mano de obra, sin considerar el tamaño del hato. En el Cuadro 7 se presenta información sobre el uso de la tecnología en la alimentación de los animales.

**Cuadro 7** Uso del material conservado en hornos forrajeros (promedios y desviación estándar).

PAIS	Guatemala (n = 8)	Honduras (n = 15)	Nicaragua (n = 8)	El Salvador (n = 8)	Promedio Regional (n = 39)
Volumen en m <sup>3</sup>	1,7 (3,1)	3,3 (1,7)	8,0 (1,8)	2,2 (1,2)	3,7
Cantidad ensilaje (kg)	697	898	3.376	557	1.295
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	410 (18)	272 (73)	422 (26)	253 (40)	327
Unidades animal <sup>1</sup>	3,4 (3,3)	11,9 (8,8)	7,1 (3,2)	4,9 (1,5)	7,7
Días de alimentación	19,9 (8,5)	7,7 (3,3)	30,1 (7,2)	12,3 (11,9)	15,7
Consumo kg/día/animal	6,3 (2,7)	8,9 (5,7)	14,0 (5,7)	8,8 (4,7)	9,4

<sup>1</sup> Unidad animal = animal adulto de 350 kg de peso.

En promedio para la región, los animales seleccionados por los coejecutores para ser suplementados fue de 7,7, dando preferencia a vacas en producción y animales jóvenes. Sin embargo, no fue raro encontrar que los productores terminaran alimentando el hato completo, lo cual indica la necesidad de mejorar la capacitación respecto al uso del material y/o entender mejor la optimización que el productor hace de sus recursos.

El número de días de alimentación promedio varió entre países de 8 a 30, correspondiendo el valor máximo a Nicaragua donde fueron construidos los hornos de mayor volumen. El consumo en kg/día/animal varió entre países entre los extremos 6,3 y 14,0 con un promedio regional de 9,4 por unidad animal; este consumo promedio de material verde equivaldría a un consumo de 3,2 kg de materia seca y 0,54 kg de proteína bruta por unidad animal, utilizando el promedio de los valores dados en el Cuadro 3.

En el Cuadro 8 se observa que la mayoría de los productores ofreció el material del horno forrajero a los animales entre los meses de marzo y mayo, cuando se han agotado otras fuentes de alimento (pastoreo directo de pastizales y rastrojos de cultivos anuales).

**Cuadro 8** Meses de utilización del material del horno forrajero.

Mes	% de productores (n = 21)	
	Inicia	Finaliza
Enero	4,8	4,8
Marzo	52,4	19,0
Abril	38,0	52,4
Mayo	4,8	23,8

#### 4.1 Producción

La producción de leche se midió en vacas con ternero al pie, al cual se le dejó la leche residual. Las vacas fueron alimentadas con rastrojos en pastoreo libre y complementadas con material del horno forrajero. Para medir la producción de leche se usaron baldes graduados.

Los resultados de seis casos en Nicaragua (para un total de 25 vacas) indicaron que la producción de leche de vacas consumiendo un promedio de 5,5 kg de ensilaje por día, por un promedio de 30 días, mantuvieron o aumentaron ligeramente su producción de leche (de 2,0 a 2,4 litros/día). Debido a que éstos son datos preliminares no se les aplicó un análisis estadístico riguroso, pues no se consideró edad y genotipo de la vaca, ni número y etapa de lactación, ni los otros alimentos utilizados además del ensilaje; sin embargo, los datos sí sugieren el potencial de esta tecnología para contribuir a resolver el problema de la poca producción de leche en la estación seca.

Se estimó la ganancia de peso en 19 animales jóvenes en Nicaragua, complementados con ensilaje de hornos, utilizando la cinta bovinométrica. Para un complemento promedio de 4,1 kg/día por 34 días, los animales tuvieron una ganancia promedio de 299 g/día, pasando de 82,9 a 93,3 kg de peso. Estos datos, junto con otros que no se presentan aquí, refuerzan la

relevancia de esta tecnología para contribuir a solucionar los problemas de baja calidad y escasez de alimento durante la estación seca.

## 4.2 Recomendaciones sobre uso

Es muy importante recalcar que el material del horno forrajero se usa como complemento, es decir, no constituye el total de la ración diaria por lo que el consumo por animal por día puede recomendarse que sea la cantidad de materia verde equivalente al 3% del peso vivo del animal. Esta es una aproximación al valor empleado como complemento según se vio en el Cuadro 7.

El volumen del horno debe calcularse considerando el número de animales a alimentar, el consumo por animal y el número de días que se desea complementar (ver un ejemplo en el Apéndice). Considerando que un horno forrajero de un metro cúbico de material vegetativo de sorgo (45,5% MS), se obtiene un promedio de 300 kg de ensilaje útil (333 kg/m<sup>3</sup> ensilado asumiendo el 10% de pérdidas) y una complementación de 9 kg de materia verde/día/unidad animal, se presenta como una guía en el Cuadro 9 las cantidades de material listo para ensilar que se necesitan y el número de animales/día que se pueden alimentar para cada volumen de horno. El número de animales/día será distribuido entre el número de animales y el número de días a suplementar.

**Cuadro 9** Cantidades de material vegetativo a almacenar y número de animales/día que se pueden complementar con hornos de diferentes volúmenes (densidad promedio 333 kg/m<sup>3</sup>, con 10% pérdida resulta en 300 kg/m<sup>3</sup> de ensilaje útil con 45,5% de materia seca; complementación promedio de 9 kg materia verde/día/unidad animal).

	Volumen del horno (m <sup>3</sup> )						
	4	5	6	7	8	9	10
Material a ensilar (kg)	1330	1665	2000	2330	2660	3000	3330
Ensilaje útil (kg)	1200	1500	1800	2100	2400	2700	3000
Unidades animal/día	133	167	200	233	267	300	333

En el Cuadro 9 se aprecia que un horno de 5 m<sup>3</sup> permitirá suplementar a una gama de opciones que van de una unidad animal por 167 días a 167 animales por un día, con valores intermedios de, por ej., un hato de 7,7 animales por 22 días.

Nó obstante, al considerar que el material disponible para el horno forrajero depende directamente de la producción de granos básicos para consumo humano (el material vegetativo de granos básicos fue el más utilizado para llenar hornos forrajeros en la región, sin embargo, éstos no se siembran específicamente para obtener material forrajero), no es recomendable construir un solo horno grande con el volumen total, sino dos o más de menor tamaño, que se pueden ir construyendo según la disponibilidad de material en la finca. Al respecto, y para garantizar la disponibilidad de ensilaje, si el productor tiene medios para techar el horno con una estructura simple y barata, para protegerlo de las lluvias, la conservación podría iniciarse durante la canícula (antes de la época de postrera), con material proveniente de las siembras de primera.

Finalmente, en caso de no llegar a ensilar toda la cantidad de material necesario para alimentar los animales, se debe recomendar al productor que seleccione el tipo o categoría de animal a suplementar, dando prioridad a los animales más jóvenes y vacas en producción. Sin embargo, y como se notó antes, los productores no necesariamente siguen esta recomendación, lo cual puede estar asociado a una racionalidad de disminuir la mortalidad en su hato más que a mantener o incrementar la productividad durante la estación seca.

## **V. ADOPCION DE LA TECNOLOGIA DE HORNOS FORRAJEROS**

La adopción de una tecnología se refiere a si el productor la incorpora o no a su bagaje tecnológico después de la transferencia. Esto básicamente implica que el productor la continúa utilizando a través del tiempo, lo cual requiere de años para ser completamente corroborado, en la mayoría de los casos. Otro aspecto importante para determinar adopción es que en un ejercicio de validación, en el cual la tecnología ha sido llevada a solamente unos pocos productores, falta el componente de la presión y apoyo grupal que brindan los vecinos que están también implementando la tecnología como resultado de una difusión masiva. Sin embargo, se puede mediante la validación estimar el nivel de adopción y, tal vez más importante, evaluar las características de la misma. Esto último es fundamental ya que la difusión masiva de la tecnología tendrá un mayor éxito en la medida que las lecciones aprendidas durante la validación son aplicadas.

El nivel de adopción del horno forrajero se determinó para los productores que implementaron un horno forrajero en 1991, evaluando si lo volvió a llenar en uno o dos años subsecuentes. De los 37 productores que implementaron un horno en 1991 (en Guatemala, Honduras y Nicaragua), un 61,2% de ellos volvió a utilizarlo por lo menos durante un año siguiente. Solamente el 28,5% de ellos lo utilizó durante los tres años consecutivos. Estas cifras permiten suponer que en el contexto de una difusión masiva se logrará un sustancial porcentaje de adopción, sobre todo si la transferencia se efectúa considerando las características de la adopción, uso y manejo, adaptaciones y difusión que se describen en esta sección.

Para determinar las características de la adopción, y por ende de la adoptabilidad de una tecnología introducida en fincas de pequeños productores (como parte del proceso de validación), se debe tener información sobre por lo menos estos cuatro aspectos: las opiniones de los usuarios, el uso y manejo que le han dado, las adaptaciones que han hecho y la difusión espontánea o facilitada que ha habido. Los primeros tres puntos se refieren al productor y/o la productora que recibe directamente de un agente de cambio el insumo externo. El último punto se refiere a los productores que, por medio de comentarios de vecinos y familiares, y/o por medio de observaciones propias en las fincas donde se ha introducido la innovación, han decidido probar ellos mismos la tecnología nueva. Cada uno de los cuatro puntos mencionados



indica algo sobre el nivel de adopción que se puede esperar cuando se lleva una innovación a difusión masiva. Se debe analizar esta información en forma integrada, porque ningún punto por sí solo deja prever bien el grado de adopción que se puede esperar en una campaña de transferencia.

## 5.1 Opinión

En el Cuadro 10 se presenta la opinión de una muestra de 30 coejecutores que construyeron un horno forrajero en su finca con la asesoría del Proyecto. No hay diferencias sobresalientes entre los cuatro países donde se recogió la información, por lo que se presenta la información sin diferencias entre países. Las preguntas han sido abiertas, dejando a los productores indicar libremente los aspectos que más les gustan o disgustan de los hornos.

**Cuadro 10** Opinión de una muestra de 30 coejecutores sobre el horno forrajero introducido con asesoría del Proyecto Agrosilvopastoril en su finca.

Opinión sobre el horno forrajero	# de veces mencionado	% del total de productores (n = 30)
(+) Alimento de buena calidad en época difícil	30	100 %
(+) Buena aceptación por los bovinos/equinos	9	30 %
(+) No implica muchos gastos	6	20 %
(+) Asegura la producción de leche/carne	5	17 %
(-) Cuesta mano de obra en llenar/apisonar	5	17 %
(-) Difícil sacar el material del horno	2	7 %
(+) Se gasta menos tiempo en alimentar	2	7 %
(+) Se puede guardar por el tiempo necesario	2	7 %
<b>TOTAL</b>	<b>61</b>	

Todos los productores han indicado estar contentos con la tecnología, aunque varios han tenido problemas por pérdida parcial del material almacenado, un aspecto que se discute a continuación. El hecho de que se dispone de esta fuente en una época difícil para la alimentación, que provee alimento de relativamente buena calidad (o excelente, en la opinión de varios de ellos), es el aspecto más sobresaliente de esta tecnología (100% lo

menciona en lo que constituye el 49% de las opiniones). Es precisamente uno de los aspectos de mayor preocupación para los productores que por primera vez prueban la tecnología: ¿será el material de una calidad aceptable? De allí que se ha visto que varios de ellos, cuando abren por primera vez su 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 (30% de los productores), fue el hecho de que los animales, tanto bovinos como en un caso equinos, aceptaron bien el alimento.

En tercer y cuarto lugar en cuanto a importancia entre los aspectos positivos, se mencionó el hecho de que el horno no implica muchos gastos en materiales para su construcción y mantenimiento, y que asegura de que haya continuidad en la producción de leche y carne. Para un 7% de los productores fue más fácil la alimentación por no tener que cortar pastos y traer a los animales, mientras que igual porcentaje mencionó el hecho de poder guardar el material en el horno hasta el momento en que es más necesitado.

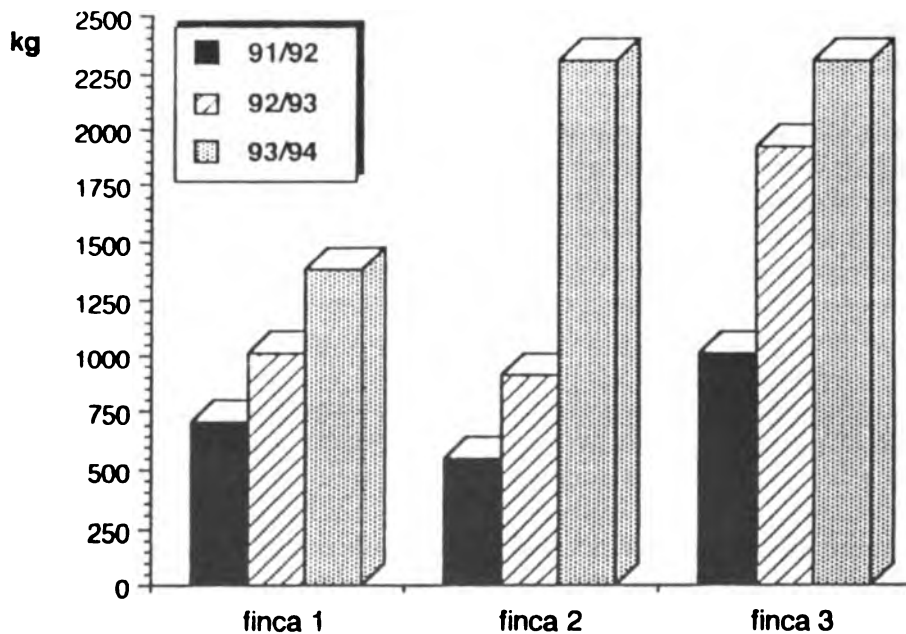
El 17%, aun estando contentos con la tecnología en su globalidad, mencionó el tiempo gastado en llenar y apisonar el horno como un aspecto negativo, mientras que unos pocos productores mencionaron tener problemas en sacar el material al momento de alimentar sus bovinos (7%). Esto último puede estar relacionado con un mal posicionamiento del material al llenar el horno.

De lo anterior se concluye que un mensaje de extensión acerca del horno forrajero, para que sea exitoso, debe concentrarse en los dos primeros aspectos:

- Alimentación de buena calidad para una época difícil.
- Buena aceptación del material por parte de los animales.

Estos son los aspectos que más preocupan y más convencen, aparentemente, a los productores. El hecho de que se mantiene la producción de leche (y carne) es un aspecto interesante, pero parece preocuparle en menor grado al productor en el momento de decidirse a probar la nueva tecnología.

De que la opinión de los productores ha sido favorable se desprende también de la Figura 6, que presenta la cantidad de material vegetativo almacenado en tres años consecutivos en tres diferentes fincas (en Honduras). Estas son las tres fincas que muy temprano aceptaron probar la tecnología que les ofrecía el Proyecto, y fueron ampliando cada año por su propia iniciativa la capacidad de su horno al comprobar las ventajas del mismo.



**Figura 6** Cantidad de material vegetativo (en kg) almacenado en el horno forrajero en tres fincas en Honduras, en tres años consecutivos.

*Conclusión:* las opiniones de los productores que probaron el horno forrajero han sido en su mayoría favorables, destacándose el hecho de que en época seca el horno provee a los animales de alimentación de buena calidad y además apetecible. Estos son los dos aspectos que deben formar los puntos claves en una estrategia para difundir la tecnología a mayor escala.

## **5.2 Uso y manejo**

En vista de que la tecnología no se presta para almacenar material suficiente para alimentar todo el hato durante varios meses, los productores han usado el material ensilado en primer lugar para las vacas lactantes y los terneros. En algunos casos, por haber abierto el horno muy tarde, ya empezando la estación de lluvias, se utilizó el material en pocos días, alimentando todo el hato, sabiendo que pronto se dispondría de material verde.

En varios casos los productores no pudieron llenar el horno forrajero el siguiente año, por falta de material vegetativo con qué llenarlo, ya que las lluvias fueron muy escasas y no hubo suficiente material verde al final de éstas.

Esto indica que se debe incluir en un futuro esfuerzo de extensión, una vez que el productor esté contento con los resultados del primer horno que llenó, el aspecto de la siembra de material vegetativo específicamente para éste. Precisamente los años en que no hay material para llenarlo por pocas lluvias, son los años en que más se necesitará el material del horno durante la estación seca. Los costos de cultivar material específicamente para llenar hornos deben ser sopesados contra los beneficios que reportará.

Se recomienda, entonces, que el mensaje de extensión se concentre el primer año en usar el material que normalmente produce la finca, mientras que el siguiente año se debe decidir junto con los productores sobre la conveniencia de sembrar material específicamente para llenar el horno.

También hubo casos de exceso de lluvia que no permitió sembrar sorgo para llenar el horno. En unas fincas hubo suficiente pasto y poco ganado, lo que llevó al productor a la decisión de no ensilar forraje. Se nota que el no utilizar una tecnología en un año dado, no necesariamente implica el abandono de la tecnología por parte del productor, sino que puede responder a circunstancias particulares de ese año, y que en un siguiente ciclo agrícola la tecnología puede caber de nuevo dentro de las estrategias de producción (sobre el tema de tecnologías "opcionales", ver Radulovich y Karremans, 1993). Varios productores que establecieron un horno en 1991, no lo utilizaron en 1992 y volvieron a utilizarlo en 1993.

La primera vez que los productores utilizaron el horno, la quinta parte de las fincas sufrió una pérdida de la mayor parte del material ensilado, por mal manejo, ya que el agua de lluvias tempranas logró entrar al horno: sea por no tapar bien con un plástico después de abrirlo, o por no haber usado un plástico o un techo. En todos estos casos los productores decidieron volver a intentar la tecnología al año siguiente, ya que se dieron cuenta del error y de que el material que sí sirvió fue de relativamente buena calidad y aceptado por los animales.

Se recomienda, con base en esta experiencia, que el énfasis de la extensión sea:

- Una buena explicación del problema del agua que pudre el material ensilado y de cómo construir y cubrir bien el horno para evitar que entre el agua.
- Que el horno no sea necesariamente del tamaño idóneo de una vez, sino que el primer horno se hace de un tamaño reducido (aunque no menor de 3 a 4 m<sup>3</sup>), con la posibilidad de ampliarlo el siguiente año, y usando solo el material que normalmente esté disponible en la finca.
- Que, de ser necesario, en el segundo año se trate de sembrar material vegetativo especialmente para tener suficiente para el horno, ampliado para poder alimentar más animales durante más tiempo.

Esto implica, por supuesto, una extensión bien organizada, que planifica su trabajo con las fincas pensando no solo en el ciclo agrícola actual, sino en planear con los productores el desarrollo de la finca para los ciclos que vienen, planeando en forma paralela los mensajes (contenido y frecuencia) de extensión requeridos.

*Conclusión:* el material ensilado es utilizado por los productores principalmente para las vacas en producción y los terneros, dando el alimento a los demás bovinos en caso de que haya suficiente material almacenado. El manejo generalmente ha sido bueno, con problemas en una quinta parte de las fincas por putrefacción del material porque entró agua de lluvia. El mensaje de extensión en el primer año debe concentrarse en el correcto uso de una cobertura, para un horno de reducidas dimensiones (si el productor quiere probarlo así) y en usar material vegetativo que normalmente esté disponible en la finca; mientras que en el segundo año se puede promover la siembra de material específicamente para el horno, y ampliar las dimensiones de éste o

el número de hornos. Finalmente, se debe considerar la tecnología del horno como un elemento más a disposición del productor quien lo puede incluir, o no, en su estrategia de producción del presente ciclo agrícola según su propia evaluación de las circunstancias: tamaño del hato, disponibilidad de pasto, el comportamiento de las lluvias, la disponibilidad de maíz y sorgo, etc.

### 5.3 Adaptaciones

Los productores han hecho 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 cual a menudo ocurre una vez abierto éste), se ha tratado de resolver construyendo un techo sencillo de jaragua y de otros materiales provenientes de la propia finca; una solución que aunque es sencilla y barata encarece los costos del horno, particularmente en mano de obra. En Nicaragua la gran mayoría de los productores no usaron un plástico impermeable para tapar el horno, por el costo relativamente alto del mismo. Por ser una zona más seca que las otras donde opera el Proyecto, esto no ha causado problemas, pero sigue siendo un riesgo en caso de lluvias fuera de temporada. En varias fincas en Honduras y Nicaragua<sup>1</sup>, los productores han estado tan contentos 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 el tamaño del hato y la cantidad de material vegetativo disponible.

Se puede en un esfuerzo de extensión indicar a los productores la posibilidad de evitar los gastos del plástico impermeable construyendo en cambio un techo rústico. El revestir las paredes es una mejora que se puede mencionar, pero que no se debe incluir como un elemento necesario, ni preferible para productores de escasos recursos, ya que implica gastos (tiempo y dinero en efectivo) bastante elevados.

*Conclusión:* las posibilidades de adaptación (usar un techo solo o en combinación con un plástico/revestimiento de paredes) deben formar parte de las charlas explicativas en programas de difusión, incluyendo las consideraciones necesarias sobre incrementos en costos.

---

<sup>1</sup>Nicaragua, P. Solano, Com. Pers.

## 5.4 Difusión

Hasta la fecha no se ha hecho un estudio sobre el nivel exacto de la difusión del horno, mayormente espontánea pues aún no se han dirigido esfuerzos para promoverlo en forma masiva por parte del Proyecto Agrosilvopastoril. Sin embargo, hay claras indicaciones de que vecinos y familiares de los productores han mostrado interés en construir un horno forrajero. Esto es esperable de una tecnología de buena aceptación como ésta. Muchos coejecutores reportaron que han recibido visitas de sus vecinos quienes preguntaron sobre el porqué del horno y a quienes han enseñado a construir uno en su propia finca. De continuar esta forma de difusión espontánea de productor a productor, se obtendrá una curva de difusión que tomará varios años en alcanzar a miles de productores. Como en el caso mencionado por Radulovich y Karremans (1993; p. 80), la difusión de una tecnología exitosa puede ser lenta al principio, y luego desarrollarse fuertemente en el transcurso de los años. La facilidad de construcción, y los beneficios evidentes y relativamente rápidos, ayudan a que esta tecnología sea transmitida de productor a productor, sin que medie necesariamente un proyecto de extensión. Sin embargo, la rapidez con que la tecnología se difunde puede ser aumentada considerablemente mediante esfuerzos de extensión, aunque la adopción masiva de todas formas tomará años.

Varias instancias locales, fuera del Proyecto Agrosilvopastoril, han pedido capacitación sobre el horno forrajero, para poder incluirlo en su paquete para extensionistas. Por ejemplo: DIGESEPE en Jutiapa, Guatemala, la Secretaría de Recursos Naturales, LUPE y Vecinos Mundiales en la zona Sur de Honduras, y el Ministerio de Agricultura, el INTA y la CEE en Estelí, Nicaragua y varias regionales del CENTA en el Depto. de Santa Ana en El Salvador. Estas instituciones han iniciado su propia difusión de la tecnología, y a fines de 1993 se habían establecido más de cien hornos en el área de influencia del Proyecto.

*Conclusión:* los vecinos de los coejecutores del Proyecto han mostrado un fuerte interés por construir un horno forrajero en su finca. El grado en que la tecnología se está difundiendo por fuerza propia no se ha investigado hasta el momento con precisión, pero las indicaciones de los productores hacen suponer que por cada horno hay por lo menos otro que se construye, cada ciclo agrícola. También, el interés demostrado por los organismos de difusión indican la pertinencia de la tecnología.

## **VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Además de las conclusiones y recomendaciones sobre puntos específicos que se han venido dando a lo largo del documento, se presenta aquí una serie de conclusiones a nivel más global, incluyendo algunos aspectos de transferencia de la tecnología.

El horno forrajero mostró ser de mediana a alta aceptación, mediana adopción y alta pertinencia en pequeños y medianos sistemas agrosilvopecuarios de bajos ingresos y sujetos a prolongada sequía estacional. Por esta razón, y con fundamento en la evidencia presentada, se recomienda la difusión masiva de la tecnología a tal tipología de sistemas de producción. Su implementación en otras condiciones, al menos en la forma en que aquí se estipula, y aunque no fue probada aquí, no parece recomendable ni tal vez necesaria.

La experiencia mostró que se requieren como mínimo tres eventos de transferencia durante la introducción de la tecnología en una zona, para lograr un adecuado entendimiento y manejo por parte de los productores. El primer evento es la presentación de la tecnología a un grupo de productores, consistente en la construcción de un horno, que puede realizarse durante la canícula para que los productores interesados planifiquen la construcción de su propio primer horno después de las lluvias de postrera. El segundo evento es la supervisión durante la construcción y llenado de ese horno, el cual puede ser individual o parte de otra sesión grupal. El tercer evento es de carácter grupal y es la apertura de un horno y alimentación de animales, el cual es necesario para mostrar a los productores que el material ensilado es de gran utilidad aunque no es el tipo de material que normalmente dan a sus animales. Una vez que la tecnología ha tomado fuerza en la zona de influencia, el número de eventos de transferencia dirigidos por extensionistas pueden reducirse, dejando parte de la difusión en manos de los productores mismos, por ej. siguiendo el sistema de productores enlace o representantes agropecuarios, o simplemente de vecino a vecino como ha venido en parte sucediendo con el horno forrajero.

Los diversos aspectos de la tecnología discutidos durante este texto deben presentarse claramente a los productores para evitar fallos, los cuales se asocian mayormente con problemas de pudrimiento del material por infiltración de agua/pobre compactación y con entrada de agua de lluvia una



vez que se ha abierto el horno. Una buena ubicación del horno, las consideraciones sobre drenaje y sellado, así como el utilizar el material en forma continua una vez que se abre el horno ayudan a evitar estos fallos. Cuando un horno se abre cercano al inicio de las lluvias, puede ser necesario acondicionar un techo rústico para evitar que una lluvia temprana dañe el material.

La carencia de material para ensilar fue, en la mayoría de los casos, la principal razón por la cual los productores no repitieron el uso de la tecnología en un segundo o tercer año. Esto puede ser evitado promoviendo la siembra de material específicamente para ensilar o, alternativamente, ensilar material de las siembras de primera, lo cual requiere un incremento en las medidas de seguridad para evitar infiltraciones de agua, que incluyen una adecuada selección del sitio, un techo rústico que cubra el horno con holgura, y ampliar las zanjas de drenaje alrededor del mismo. El uso del plástico es de suma importancia para lograr las condiciones anaeróbicas deseadas. Siendo éste el único desembolso requerido para la construcción del horno, en algunas circunstancias su uso puede ser obviado, como sucedió en la mayoría de los casos en Nicaragua. Estos hornos, sin embargo, deben ser llenados cuando hay alguna certeza de que han concluido las lluvias y deben ser utilizados con bastante antelación de la fecha normal de reinicio de éstas--con la incertidumbre que esto implica.

El volumen del horno debe ser determinado en primera instancia en función de las necesidades proyectadas por el productor para complementar a su hato durante un período sustancial de la estación de lluvias. Como ya se indicó, al inicio de la aceptación de la tecnología el volumen es por lo general menor que el óptimo, aunque no debería ser menor que 4 m<sup>3</sup> tanto para que el productor pueda apreciar las bondades de la tecnología como para que el costo por unidad resulte menor. No obstante, el horno forrajero representa solamente una de las diversas estrategias existentes para lograr una adecuada alimentación del ganado durante la estación seca (CATIE, 1994); por lo tanto, su implementación será mejor recibida por los productores en la medida que se presente como tal junto con otras tecnologías y no como la única solución existente.

## **VII. BIBLIOGRAFIA**

- Arroyo, G.R.A. 1977. Evaluación de la calidad y niveles de nutrientes de algunos ensilajes en la zona lechera de altura. Tesis Ing. Agr., Universidad de Costa Rica, San José.**
- Bretigniere, L. y L. Khatchadourian. 1962. Ensilado de los forrajes verdes. 2<sup>da</sup> edición. Madrid, España.**
- Castellón, G.R., O. Moncada y M. Tejada. 1992. Horno forrajero. Versión preliminar. Proyecto Sistemas Agrosilvopastoriles MAG/CATIE/ACDI. Estelí, Nicaragua. [informe interno].**
- Castro, R.A. 1984. Producción bovina. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica.**
- CATIE. 1994. Tecnologías para sistemas agrosilvopecuarios de ladera con sequía estacional. Serie Técnica, Informe Técnico No. 222, CATIE, Turrialba.**
- IPGH. 1976. Atlas climatológico e hidrológico del Istmo Centroamericano. IPGH, Guatemala.**
- Merino, V.G. 1973. El ensilaje. Tesis Ing. Agr. Universidad de Guadalajara, México.**
- Morales, G. 1992. Fundamentos de alimentación, manejo y sanidad bovina. Guía para el extensionista agropecuario. Serie Técnica, Informe Técnico No. 189, CATIE, Turrialba.**
- Pulido, J. 1988. Conservación de forrajes en hornos forrajeros. Informe de progreso de la Asesoría al Proyecto PRONORTE en Nicaragua. Turrialba, Costa Rica. [informe interno].**
- 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.**

Radulovich, R. y J. Karremans. 1992. Validación de tecnologías: puente entre generación y transferencia. Turrialba 42:63-72.

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

Rodríguez, G.A. 1975. Aprovechamiento de las malezas en "horneado" en las zonas áridas del país. Dirección General de Extensión Agrícola. Chapingo, México.

Solano, R. y G. Morales. 1990. Alternativa mejorada para producción animal presentada para su validación por el Proyecto Agrosilvopastoril para pequeñas fincas (Taller). CATIE/ACDI/DIGESEPE, Jutiapa, Guatemala. [informe interno].

Solano, R. y R. Roca. 1990. Análisis económico ex-ante de la alternativa mejorada propuesta para Guatemala, Proyecto CATIE/ACDI/DIGESEPE. *In*: Alternativa mejorada para producción animal presentada para su validación por el Proyecto CATIE/ACDI/DIGESEPE en Guatemala, Taller, pp. 48-63. [informe interno].

Solano, R., R. Ruano-Viana y R. Zamora. 1994. Hornos forrajeros: una tecnología promisoría para pequeñas fincas ganaderas del trópico seco. Aspectos prácticos. Revista Agronomía Mesoamericana 5:59-66 (en prensa).

## **APENDICE**

## APENDICE

Ejemplo de cálculo para determinar la cantidad de ensilaje en un horno forrajero necesario para alimentar 5 animales durante 30 días, utilizando las recomendaciones dadas en el texto.

### Consideraciones

1. Una hectárea de sorgo sembrada como para guate a 70 cm entre surcos y 10 cm entre plantas produce aproximadamente 14,4 toneladas de materia verde con un contenido de humedad de 80%, cuando se maneja adecuadamente.
2. Se asume que el material perderá un 10% de humedad antes de ensilarlo (significa una producción de 13,0 t/ha) y que durante el proceso de ensilaje perderá 5% más de humedad (esto significa que la producción de sorgo para ensilaje equivale a 12,3 t/ha).
3. Un animal con 350 kg de peso suplementado con una cantidad de ensilaje (materia verde) que equivale al 2,6% del peso vivo, es decir 9 kg/día.
4. La densidad del sorgo ya compactado dentro del horno: 330 kg/m<sup>3</sup>.

### Cálculo

1. Para alimentar 5 animales durante 30 días se necesitará:

1 animal	-	9 kg/día
5 animales		45 kg/día
1 día		45 kg
30 días		1.350 kg

con pérdidas del 10%, son necesarios 1.500 kg en ensilaje.

2. Se determina el área de siembra del sorgo

(área (ha o m<sup>2</sup>) = cantidad (kg)/rendimiento (kg/ha o m<sup>2</sup>); con producción de 12,3 t/ha)

$$\begin{array}{ll} 12.300 \text{ kg} & 10.000 \text{ m}^2 \\ 1.500 \text{ kg} & 1.220 \text{ m}^2 \end{array}$$

3. Se determina el volumen del horno

(volumen = cantidad (kg)/densidad (kg/m<sup>3</sup>))

$$\begin{array}{ll} 330 \text{ kg} & 1 \text{ m}^3 \\ 1.500 \text{ kg} & 4,5 \text{ m}^3 \end{array}$$

4. Se determina el largo (L) del horno, que de antemano se quiere que tenga una base mayor (B) de 2,5 m, una base menor (b) de 2 m y una profundidad (h) de 1,0 m, y ya se sabe que tendrá un volumen de 4,5 m<sup>3</sup>

$$\begin{aligned} V &= ((B + b)/2) \times h \times L \\ 4,5 &= ((2,5 + 2)/2) \times 1,0 \times L = 2,25 \times 1,0 \times L \\ L &= 2 \text{ m} \end{aligned}$$

Se necesita construir un horno con las siguientes medidas:

base mayor: 2,5 m  
base menor: 2,0 m  
profundidad: 1,0 m  
longitud : 2 m  
volumen : 4,5 m<sup>3</sup>

## 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 Técnico<sup>1</sup>  
Cecilia Velasco, M.Sc., Asistente Técnico/Economista Agrícola  
Reina Moreira, Lic., Asistente Técnico  
Maritza Velasco, Dipl., Digitadora  
Patricia Hasbún, Secretaria

---

<sup>1</sup>Coordinador Nacional a partir de octubre, 1993.

**Guatemala:**

**Carlos Heer, M.Sc., Coordinador Nacional**  
**Claudia Velásquez, Lic., Asistente Técnico<sup>2</sup>**  
**Manuel Estrada, Lic., Asistente Técnico**  
**Betzi Rodríguez, Dipl., Digitadora**  
**Iris Chavarría, Secretaria**

---

<sup>2</sup>Coordinadora Nacional a partir de julio, 1993.