Los Cultivos *de* Cobertura *en la* Agricultura *en* Laderas

Innovación *de los* Agricultores *con Mucuna*

Daniel Buckles, Bernard Triomphe y Gustavo Sain

Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo
Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo
Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza

Publicado conjuntamente por el
Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID)
PO Box 8500, Ottawa, ON, Canadá KIG 3H9
el

Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT)
Lisboa 27, Apartado Postal 6-641,06600, México DF, México
y el

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)
CATIE 7170, Turrialba, Costa Rica

© Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo 1999

Depósito legal: ler trimetre 1999
Biblioteca Nacional de Canadá
ISBN 0-88936-881-3

Las opiniones vertidas son las de los autores y no representan necesariamente los criterios del Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo o el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza La mención de un producto patentado es a título de información y no constituye una recomendación del producto. Hay una edición en microfichas.

El catálogo de los libros publicado por el CIID se puede consultar en linea en http://www.idrc.ca/books/index.html

Este libro se puede consultar en linea en http://www.idrc.ca/books/focus.html

ÍNDICE

Prólogo vii

Introducción 1
El dilema de la agricultura en laderas 3
Elecciones metodológicas fundamentales 6
Reseña de este libro 9

Capítulo 1
El frijol terciopelo: una planta nueva con historia 11
Orígenes y características botánicas del frijol terciopelo 11
El frijol terciopelo en los Estados Unidos de América 15
El empleo del frijol terciopelo en Centroamérica 19
Conclusiones 23

Capítulo 2
El entorno favorable 25
La agroecología regional 25
El carácter estacional de los precios del maíz 30
La disponibilidad de tierras en laderas 33
Los cultivos itinerantes en el norte de Honduras 37
Conclusiones 43

Capítulo 3
La tierra, la mano de obra y los medios de sustento 45
Las múltiples ocupaciones de las familias campesinas 45
La clasificación de las estrategias de sustento 47
Comparaciones entre las estrategias de sustento 48
Conclusiones 57

Capítulo 4
El sistema de abonera 59
Medidas de adopción 59
El manejo de la abonera 62
Principales beneficios del sistema de abonera 70
Las percepciones de los agricultores acerca del sistema de abonera 71
Conclusiones 77

Capítulo 5
La agroecología del sistema de abonera **79**
El ciclo del nitrógeno 80
Modificaciones a largo plazo de las propiedades del suelo 105
Modificaciones a largo plazo de la productividad de los cultivos 116
Evaluación de las modificaciones a largo plazo efectuada por los agricultores 119
Síntesis: ¿cómo funciona el sistema del frijol terciopelo? 121
Conclusiones 125

Capítulo 6
La economía del sistema de abonera **127**
Análisis probabilístico de los costos y beneficios 127
El análisis a nivel de los campos 130
El análisis a nivel de las fincas 137
Los mercados de arrendamiento de tierras 146
La rentabilidad relativa de la producción de maíz 147
Conclusiones 149

Capítulo 7
Factores que influyen en la adopción del sistema de abonera **153**
Hipótesis sobre la adopción 153
Análisis empírico 157
Discusión y conclusiones 165

Conclusiones **169**
Principales características del sistema de abonera 169
Extrapolación a partir del sistema de abonera en el norte de Honduras 171
Enseñanzas acerca del desarrollo de tecnologías 175
La búsqueda de sostenibilidad en los entornos en laderas 176
Exploración de los límites de la agricultura en laderas 179

Apéndice I
Métodos de la encuesta en fincas **185**

Apéndice II
Medios visuales **187**

Apéndice III
Materiales y métodos usados para recolectar los datos agronómicos **189**

Apéndice IV
Especificaciones del modelo y presupuestos de los cultivos para el análisis probabilístico de costos y beneficios **195**

Apéndice V
Siglas y abreviaturas **207**

Bibliografía **209**

Índice por materias **231**

"Con el frijol de abono, la tierra cobarde se vuelve valiente".

—Teodoro Reyes, La Danta, Honduras

PRÓLOGO

La agricultura es esencial para el desarrollo sustentable y equitativo en Centroamérica. Muchos de los campesinos pobres de esta región se ganan la vida en pequeñas fincas donde la producción de granos básicos es un elemento fundamental para su sustento. La degradación de la tierra, en especial en las laderas, es un problema persistente que lleva al empobrecimiento y el estancamiento de la productividad agrícola.

Los agricultores no permanecen pasivos ante la adversidad. Sin importar cuán pobres sean, la necesidad los obliga a buscar soluciones. En este libro se examina una solución innovadora ideada por los agricultores: el empleo del frijol terciopelo (*Mucuna* spp.) como cultivo de cobertura en las laderas del norte de Honduras. Evaluamos ampliamente esta práctica y analizamos las condiciones agroecológicas y socioeconómicas en las cuales fue creada. El propósito de este estudio detallado es esclarecer las oportunidades y restricciones que presentan los cultivos de cobertura en las zonas húmedas tropicales y examinar las estrategias nuevas aportadas por los agricultores a la agricultura sustentable. Sería fácil sugerir que la tecnología proporciona una solución completa, pero es en primer término una respuesta creativa y efectiva a los factores sociales y políticos que empujaron a los agricultores a las empinadas laderas.

Muchas personas han contribuido a la historia de la *Mucuna* contada en este libro. En primer lugar están los agricultores del norte de Honduras, que compartieron sus conocimientos e ideas sobre cómo se puede usar esta leguminosa para sostener la producción de maíz en un difícil entorno de laderas. El libro debe mucho a los agricultores de San Francisco de Saco y La Danta, que nos acogieron con amabilidad junto con muchos otros visitantes en el transcurso de los años. En éstas y otras comunidades del norte de Honduras, los agricultores aportaron información y parte de su tiempo durante las encuestas en fincas y los ensayos en campos, y nos proporcionaron muchos datos para conocer por qué el "frijol de abono" se ha vuelto tan importante para ellos. Nos sentimos honrados por su generosidad, confianza y amistad, y expresamos nuestra particular gratitud a Don José María Ayala de San Francisco de Saco.

Muchos investigadores y agentes de desarrollo de Honduras contribuyeron también en diversas formas a la investigación informada en este libro. Nuestros colaboradores fundamentales en las encuestas en fincas fueron Ignacio Ponce, Jorge Salgado y Gilmer Medina, entonces empleados de la Secretaría de Recursos Naturales de Honduras. Fueron asistidos por Marlon Arita, Helington Antúñez, Heber Bojorquez, Armando Borjas, Ignacio Cortés, Roberto Escoto, Carmen Regina García Hiza, Melesio Guillén, Gustavo López, María Gricel Navarro, José María Reina, Oscar Robles, Carlos Guillermo Rosales, Jesús Zelaya, L. Mejía, Héctor Nolasco y L. de Ramos. Agradecemos el apoyo en los ensayos de campo y otros aspectos de la investigación agronómica efectuada en Honduras que prestaron Marco Antonio Ponce, Luis Brizuela, Pedro Baca, Secarlos Padilla, Manuel López, Oscar Espinal, David Ashby, Carmen de Brooks, Leonel Castillo, Orly García, Angela Munguía, Rafael Meza, Oscar Robles, Guillermo Rosales, Pedro Baca, María Gricel Navarro, Christian Alix y Denis Buteau.

El Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), con sede en México, desempeñó una función esencial de apoyo a esta investigación. En 1982, Gustavo Sain y otros investigadores del CIMMYT y de la Secretaría de Recursos Naturales observaron que los agricultores usaban el frijol terciopelo para mejorar las tierras de las laderas y pidieron a Daniel Buckles que estudiara el sistema cuando llegó al centro como investigador visitante patrocinado por la Fundación Rockefeller (1990–1992). Una subvención de la Fundación Ford (1991–1995) otorgada al Programa de Economía del CIMMYT para la capacitación, la investigación y el análisis de las políticas sobre el manejo de los recursos naturales para México y Centroamérica ayudó a financiar la investigación sobre el terreno y a uno de los investigadores principales. El

Centro de Cooperación Internacional en la Investigación Agronómica para el Desarrollo (CIRAD) y el Instituto Internacional de Cornell para la Alimentación, la Agricultura y el Desarrollo patrocinaron la investigación agronómica realizada por Bernard Triomphe mientras era estudiante en los cursos de doctorado en la Universidad de Cornell. El Centro de Investigación para el Desarrollo Internacional (IDRC) financió la elaboración del manuscrito como parte de una estrategia más amplia para estimular la investigación sobre los cultivos de cobertura y los sistemas mejorados de barbecho en América Latina, el sureste de Asia y el oeste de Africa. El IDRC ha apoyado proyectos específicos en esta área durante varios años.

Agradecemos el asesoramiento, la asistencia técnica relacionada con diversos componentes de la investigación y los comentarios sobre el texto generosamente aportados por Rob Tripp, Larry Harrington, Derek Byerlee, Hugo Perales, Olaf Erenstein, Héctor Barreto, Sally Humphries, Milton Flores, Roland Bunch, Mauricio Bellon, Paul Heisey, Ken Mullen, José Crossa, Adrian Maître, Miguel López-Pereyra, Greg Edmeades, Stephen Sherwood y Sean Neil; los errores que pudieran subsistir son de nuestra exclusiva responsabilidad. Proporcionaron una valiosa asistencia C. Charreau, D. Picard, F. Ganry, P. Siband, J. Pichot y R. Oliver, del CIRAD; y J. Mt Pleasant, D. Bouldin, C. Wien, S. Feldman, D. Picard, H. Van Es, R. Schindelbeck, J. Duxbury, D. Lee, D. Thurston, Ken Schlather, Julie Lauren, Beverly Mclntyre, Arturo Aguirre Gómez, Alejandro Mateos y Diego de Lozada, de la Universidad de Cornell. Expresamos nuestra especial gratitud a Larry Harrington, Rob Tripp y Derek Byerlee, del CIMMYT, y Ken Schlather, de la Universidad de Cornell, por el respaldo otorgado a nuestra labor en el transcurso de los años.

La asistencia editorial de Debra Huron, Robert Buckles, Mike Listman, Kelly Cassaday y Alma McNab aumentaron la claridad del texto en las diversas versiones anteriores y en este libro. La cuidadosa supervisión de Bill Carman permitió completar el libro. Los autores también desean agradecer a sus familias su apoyo y paciencia durante la investigación sobre el terreno y las largas horas dedicadas a la redacción.

Daniel Buckles

Bernard Triomphe

Gustavo Sain

Enero de 1998

Este espacio en blanco intencionalmente dejado de la página

INTRODUCCIÓN

Los agricultores del norte de Honduras están a la vanguardia de un significativo avance en la agricultura en laderas. Por más de 20 años, calladamente han desarrollado una agresiva leguminosa trepadora llamada frijol terciopelo y la han adaptado a las necesidades de la producción de maíz. Estos agricultores idearon la práctica del cultivo de maíz-frijol terciopelo porque estaban excluidos de las excelentes tierras del litoral del norte de Honduras, cada vez más absorbidas por las plantaciones de piña y palma africana y los pastizales, propiedad de las clases privilegiadas y las agroindustrias. Los agricultores tenían que encontrar una forma de producir maíz, su alimento básico, en las tierras pobres y frágiles de las laderas.

La práctica de cultivo de maíz-frijol terciopelo que idearon incrementa la productividad y, al mismo tiempo, conserva la base de recursos, una combinación poco frecuente en los entornos en laderas. La semilla de frijol terciopelo *(Mucuna pruriens)* se introduce inicialmente entre los surcos de maíz, donde continúa desarrollándose profusamente después de la cosecha del cereal. Una vez que ha madurado (unos ocho meses más tarde), se corta el cultivo de frijol y se siembra de nueva cuenta el maíz en el colchón de hojas y tallos en descomposición. Los residuos de frijol terciopelo no se queman ni se incorporan en el suelo sino que se dejan como mantillo sobre la superficie. La semilla del frijol terciopelo con el tiempo germina por sí sola en el campo de maíz y se repite el ciclo. Esta práctica de cultivo reduce los costos de mano de obra al controlar la maleza y aumenta los rendimientos de maíz al proporcionar nutrimentos cuando son más necesarios. Los aumentos de la productividad se producen sin una simultánea declinación de la base de recursos. En las palabras de Teodoro Reyes, de La Danta, Atlántida, “con el frijol terciopelo, la tierra cobarde se vuelve valiente”.

La combinación maíz-frijol terciopelo representa un desvío radical de las técnicas tradicionales de agricultura de roza y quema, características de las zonas húmedas tropicales. Esas prácticas, con largos períodos de descanso, solían adaptarse bien a las condiciones ecológicas y socioeconómicas existentes. Sin embargo, el crecimiento demográfico y la conversión de áreas boscosas en pastizales han incrementado la presión sobre los recursos naturales e inducido al cultivo más frecuente. Sin insumos externos, el cultivo intensivo usando las técnicas tradicionales de roza y quema lleva a una disminución de la fertilidad del suelo y a aumentos de la invasión por malezas y la erosión del suelo, que socavan la productividad y la sostenibilidad de los cultivos itinerantes. En contraste, los agricultores del norte de Honduras han estado produciendo maíz-frijol terciopelo continuamente en las mismas parcelas durante 20 años y han conservado o incluso mejorado notablemente

tanto el rendimiento como la fertilidad del suelo.

La semilla de frijol terciopelo, junto con el conocimiento de sus usos potenciales, fue introducida en el norte de Honduras mediante un complejo proceso de innovación que involucró a agricultores, científicos y corporaciones transnacionales de tres continentes (Buckles 1995). Originario del este de la India y el sur de China, el frijol terciopelo viajó a Africa, Brasil, el Caribe, Centroamérica y los Estados Unidos de América, y recorrió las zonas húmedas tropicales durante varios siglos. A lo largo de la trayectoria de la semilla, los agricultores, actuando por interés propio y con ocasionales aportes científicos, adaptaron la planta a sus necesidades; al hacerlo, proporcionaron el impulso para su difusión. En el norte de Honduras, la adaptación y difusión del frijol terciopelo — o "frijol de abono," como se le llama en la región — se produjo espontáneamente de un agricultor a otro, sin la intervención directa de grupos externos. Actualmente, más de 10 000 agricultores del norte de Honduras y otros miles en Guatemala y el sur de México usan el frijol terciopelo para fertilizar el suelo, combatir las malezas y proteger la tierra de cultivo de la erosión.

La adopción espontánea de una tecnología generada por los agricultores merece atención. Si bien a la investigación agrícola basada en la ciencia se le atribuyen grandes éxitos en el incremento de la producción agrícola, muchos científicos no se dan cuenta de que pequeños agricultores sin educación experimentan e innovan por su propia iniciativa y logran resultados notables. Por definición, *las formas de experimentación campesina* no son equivalentes a la indagación científica ya que se basan mucho en la experiencia empírica, convalidada en forma local. Por consiguiente, tal vez no generen conocimientos en formas accesibles para los campesinos de otros lugares o que sean directamente aplicables en otras regiones. Aun así, en el pasado se adquirieron muchos conocimientos y todavía se pueden adquirir muchos más evaluando lo que hacen los agricultores para afrontar problemas claves en el manejo de los cultivos o el entorno (Richards 1985; Sinclair et al. 1993). De este modo, una tarea importante de los organismos foráneos es aprovechar esos conocimientos y fortalecer la capacidad de los agricultores de generar ideas y prácticas agrícolas nuevas para satisfacer sus propias necesidades (Bunch 1982).

La interacción con los agricultores hondureños estimula a los investigadores y agentes del desarrollo a redefinir su función y la de los agricultores en el proceso de generación y difusión de tecnologías. Los agricultores han sido notablemente creativos con el frijol terciopelo y otros cultivos de cobertura, no sólo desarrollando y difundiendo el sistema tal como se lo practica en sitios como el norte de Honduras sino también experimentando con numerosas variaciones en cuanto a las asociaciones de cultivos, las fechas de siembra, las densidades de siembra, la poda y la desyerba, así como la utilización como alimento para el hombre y los animales (Bunch 1990, 1995; Holt-Giménez 1993; Buckles y Arteaga 1993; Buckles y Barreto 1996; Flores 1997). Ni los investigadores ni los agentes de desarrollo se atreverían a afirmar que "encabezan" la investigación en esta área o que están en completo control de los procesos de generación y difusión de la tecnología. Esta iniciativa local puede enseñar mucho a las personas que aún dudan de la función potencial de los agricultores en el desarrollo, la adaptación y la difusión de tecnologías mejoradas.

El dilema de la agricultura en laderas

El hecho de que esta obra se concentre en un provechoso sistema de cultivo en laderas no significa que los autores recomienden ese tipo de cultivo. La agricultura en laderas continúa siendo un reto que frustra a los agricultores, los científicos, los agentes de desarrollo y quienes formulan las políticas. A causa de la intrínseca fragilidad de las laderas, algunos piensan que nunca deben ser cultivadas. El suelo de la laderas empinadas es fácilmente erosionado después del cultivo y esto amenaza la productividad futura de la tierra y contribuye a costos indirectos, como los originados por el azolvamiento y las inundaciones. La topografía accidentada y la infraestructura deficiente restringen la producción de mercado en las economías de los entornos en laderas, dejando sin dinero en efectivo a la población. En la mayoría de los casos, el aislamiento geográfico es acompañado de la marginación política y social. Las comunidades que viven en las laderas carecen de acceso a la información sobre los acontecimientos nacionales e internacionales y tienen pocas oportunidades de influir en las políticas públicas o de exigir los servicios públicos a que tienen derecho. En esas condiciones difíciles, los pueblos que habitan en las laderas no tienen otra opción más que continuar los cultivos para intentar satisfacer sus necesidades alimentarias, o trasladarse a las zonas urbanas.

El sistema del frijol terciopelo no es una panacea. No obstante, el progreso hacia un desarrollo equitativo y sustentable depende de las prácticas eficientes de cultivo en las laderas. La agricultura es imposible en esas tierras si los recursos del suelo están degradados o se han perdido a causa de la erosión. Muchas experiencias fructíferas con la explotación a largo plazo de las tierras en laderas han continuado por siglos o, incluso, milenios (Siebert y Lassoie 1991). El cultivo en terrazas es una tecnología útil, pero implica grandes inversiones iniciales y concentración de mano de obra, que a menudo están fuera del alcance de las comunidades que actualmente cultivan las laderas. El cultivo itinerante es el sistema agroforestal más difundido y conocido, usado tradicionalmente por los agricultores en las laderas, pero estos sistemas a menudo decaen como resultado de los largos periodos de descanso que requieren para restablecer la fertilidad del suelo. En ciertas zonas, han surgido en respuesta a esta restricción estrategias autóctonas para intensificar los cultivos itinerantes (Buckles y Perales 1995; Cairns 1997).

Si bien no son tan bien conocidos, en los entornos en laderas se han desarrollado sistemas de labranza cero y roza y tumba, como el de frijol terciopelo-maíz, con el fin de intensificar la productividad y la sostenibilidad. Se usa una práctica que consiste en cortar la vegetación natural o introducida y usarla como mantillo para el siguiente cultivo (generalmente sin labrar la tierra) en la producción de frijoles en laderas en Costa Rica; el maíz, en diversas partes de Centroamérica; y el arroz, en las tierras altas de Filipinas (Thurston 1997). Tienen especial interés los sistemas que emplean leguminosas como especie para el mantillo, ya que el N captado por la leguminosa en el aire y liberado mediante la descomposición incrementa considerablemente los rendimientos de cultivos que no son leguminosas, como los cereales (IRRI 1988; Lathwell 1990; Giller y Wilson 1991; Hargrove 1991; Sarrantonio 1991; Smyth et al. 1991). Para los agricultores que carecen de dinero en efectivo y deben cultivar cereales para alimentarse usando pocos insumos externos como fertilizantes y herbicidas comerciales, estas prácticas ofrecen una solución de bajo costo y ecológicamente sana a las restricciones fundamentales de la producción, incluyendo la erosión del suelo, la invasión por malezas y la pérdida de nutrimentos del suelo.

A pesar de sus numerosas cualidades, los sistemas de roza y tumba basados en leguminosas todavía están muy poco documentados en la literatura científica (Sánchez 1994). Antes de la investigación realizada para este trabajo, la documentación del empleo del frijol terciopelo en el norte de Honduras se limitaba a descripciones generales (Flores 1987; Avila Nájera y López 1990). Este libro va más allá de la descripción con el fin de llegar a un conocimiento más riguroso de las condiciones agroecológicas y socioeconómicas en las cuales se generó el empleo del frijol

terciopelo, y de las repercusiones a largo plazo de ese empleo en la productividad de la tierra. Los objetivos de nuestro análisis eran evaluar ampliamente las oportunidades y las restricciones del sistema de frijol terciopelo y determinar los factores que influyen en las inversiones de los agricultores en prácticas que conservan los recursos.

La evaluación tiene implicaciones prácticas ya que proporciona una base sólida para conocer el potencial de sistemas similares destinados a otras zonas. La documentación cuidadosa de las condiciones que permiten el empleo del sistema por los agricultores y de los procesos biológicos que hacen que el sistema dé resultado, ayudarán a detectar las limitaciones y orientarán la investigación adaptiva. Esto es muy importante porque el manejo del frijol terciopelo-maíz y el proceso de innovación donde se originó atraen la atención de numerosas organizaciones en Centroamérica, México y otros lugares que actualmente investigan o promueven el empleo del frijol terciopelo como cultivo de cobertura. En la mayoría de los casos, estas actividades no se basan en datos agronómicos cuantitativos acerca de esas prácticas o en el análisis de las repercusiones económicas y las restricciones sociales. A veces el fomento se basa en una fe ciega de que el frijol terciopelo es una solución para el dilema de la agricultura en laderas. Se han creado nuevas opciones de manejo, pero la adopción y el uso sostenido del frijol terciopelo y otros cultivos de cobertura fuera del norte de Honduras no han cumplido su promesa inicial (Arteaga et al. 1997; Flores 1997).

El análisis del sistema del frijol terciopelo también ayudará a examinar en forma empírica y precisa el concepto de agricultura sustentable. Los datos cuantitativos y cualitativos sobre el comportamiento agronómico y económico del sistema del frijol terciopelo indican que la productividad sigue una tendencia no negativa en un período de 20 años, lo cual constituye una medida razonable de la sostenibilidad de este sistema de cultivo. Sin embargo, las condiciones que permiten a los agricultores adaptar el frijol terciopelo a los entornos de laderas están expuestas a la influencia de fuerzas externas al sistema de cultivo. Por ejemplo, la rentabilidad del sistema del frijol terciopelo está sujeta a las fluctuaciones de los precios del maíz en los mercados nacionales e internacionales. Además, la expansión de la cría de ganado ha inducido cambios en los patrones de uso de la tierra y en la tenencia de la tierra que son incompatibles con el empleo a largo plazo del sistema del frijol terciopelo. El análisis de los factores que influyen en la adopción indica que las decisiones de los agricultores concernientes a la tecnología agrícola se vinculan con los objetivos de la seguridad alimentaria y el sustento de la familia más que con el objetivo de la sostenibilidad de un solo componente de su sistema de cultivo. En definitiva, esas decisiones están restringidas por la limitada capacidad de los pequeños agricultores de invertir en el desarrollo sustentable.

Elecciones metodológicas fundamentales

Nuestro estudio se concentra en las laderas tropicales húmedas del norte de Honduras (Figura 1). Es un estudio interdisciplinario, donde se aplican los instrumentos de la agronomía, la antropología social, la economía y el análisis histórico a diversas colecciones de datos y aspectos de los complejos procesos de innovación y adopción de tecnologías en un entorno específico. En un intento de reunir variados aspectos de la sociedad y la naturaleza distinguibles en teoría pero no aislados en la realidad, examinamos cuestiones que abarcan desde la dinámica del ciclo de los nutrimentos hasta la función que desempeña la tenencia de la tierra en el fomento de la inversión en prácticas que conservan los recursos.

Si bien nuestro enfoque reconoce y describe la compleja red de características biofísicas y socioeconómicas de un sistema agrícola, la investigación no fue diseñada desde el comienzo como un cuerpo integrado de análisis. Fue realizada durante un período de cinco años por tres personas que trabajaban en forma relativamente independiente y empleaban conceptos y métodos de distintas disciplinas y perspectivas. Mediante el diálogo y la redacción en colaboración de este libro, el antropólogo, el agrónomo y el economista encontraron muchos puntos de confluencia acerca de la importancia relativa de los argumentos esenciales. En este sentido, avanzamos hacia un conocimiento interdisciplinario de la naturaleza social de la tecnología y los fundamentos ecológicos de las prácticas culturales.

La investigación presentada en este libro se inició en 1990, después de informes anteriores sobre el empleo del frijol terciopelo en el norte de Honduras (SRN-CIMMYT 1983; Flores 1987; Avila Nájera y López 1990). Si bien el sistema del frijol terciopelo era bien conocido en la región, no se habían reunido datos cuantitativos sobre dónde y con qué intensidad se empleaba la práctica. En 1990, por conducto de la Secretaría de Recursos Naturales de Honduras y el CIMMYT efectuamos una encuesta que incluyó a 133 agricultores de 25 comunidades situadas entre Tela y Jutiapa (Figura 1 y Apéndice 1). A partir de esos datos, creamos un panorama representativo de la distribución geográfica y la variación en el grado de empleo del frijol terciopelo en el norte de Honduras (Buckles et al. 1991).

En 1992, realizamos una encuesta más detallada entre 126 familias de 16 aldeas de las laderas pertenecientes a dos municipios (Apéndice 1), nuevamente en colaboración con la SRN y el CIMMYT (Buckles 1992). Escogimos un método de encuesta que facilitara el análisis cuantitativo de las relaciones entre factores complejos y aparentemente vinculados entre sí que influían en la toma de decisiones por los agricultores. Por los informantes claves y la encuesta anterior

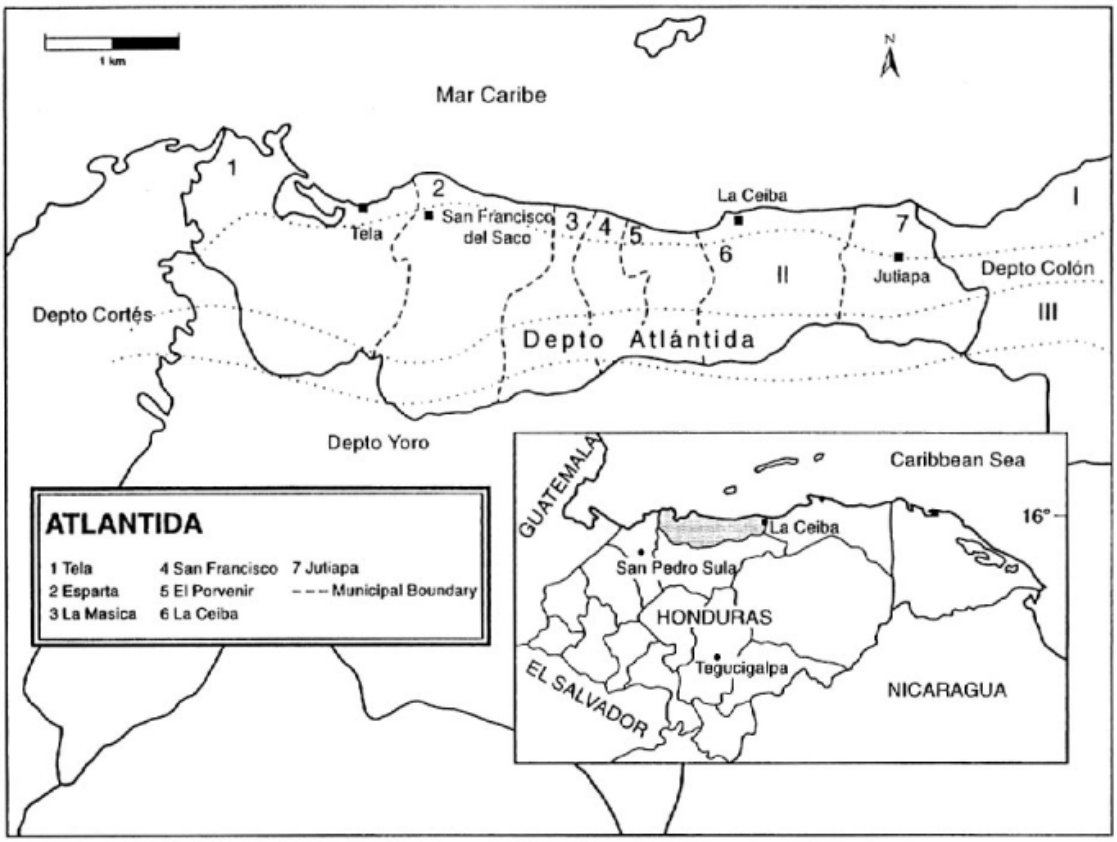

Figura 1. El norte de Honduras. Nota: I, llanura del litoral; II, zona de laderas; III, zona montañosa.

sabíamos que la tenencia de la tierra, el tamaño de las fincas y los mercados de maíz influían en la adopción del frijol terciopelo por los agricultores, pero no se conocían el peso relativo de esos factores y las interacciones entre ellos. El análisis de los datos de la encuesta acerca de toda una gama de características de las fincas y los agricultores nos ayudaron a identificar los factores que probablemente influyen en la adopción de prácticas de cultivo en el norte de Honduras y en otros lugares. En este libro se presentan los datos de la encuesta en fincas de 1992.

Complementamos los datos de la encuesta en fincas con los de encuestas locales y entrevistas efectuadas entre 1990 y 1995 que se referían a la mano de obra, la variabilidad de los precios de los insumos y los mercados de tierras. Esta información constituyó la base para calcular los coeficientes técnicos usados en el análisis económico (Sain et al. 1994; Sain y Buckles 1997). Los datos socioeconómicos primarios se redondearon con investigaciones en archivos sobre los usos históricos del frijol terciopelo, visitas a zonas de Guatemala a las cuales los agricultores hondureños remontaban los orígenes de la práctica, y entrevistas realizadas en 1994 y 1995 relacionadas con aseveraciones importantes hechas por los autores (Buckles 1995; observaciones sobre el terreno de D. Buckles). También revisamos fuentes oficiales, como los datos de los censos, y la literatura sobre el desarrollo agrícola en Honduras, con vistas a situar nuestro estudio de casos en el contexto más amplio del desarrollo.

Si bien el proceso de investigación socioeconómica fue en gran medida tradicional, se puso gran énfasis en conocer las perspectivas de los agricultores en sus propios términos. Se ensayaron cabalmente todos los cuestionarios y se los corrigió para que reflejaran el habla local. Se usaron medios visuales para recoger información sobre el calendario de operaciones en los campos y para conocer las opiniones de los agricultores acerca de las ventajas y desventajas potenciales de las prácticas incluidas en la encuesta (Apéndice II). Los resultados de esta investigación se integraron más tarde en la investigación agronómica.

La investigación agronómica utilizó métodos novedosos y fue presentada primero para cumplir parcialmente con los requisitos de un programa de doctorado (Triomphe 1996). El sistema del frijol terciopelo no podía ser estudiado en sus diversas dimensiones más que en el campo, a causa de la necesidad de incluir las diversas condiciones agroecológicas de los entornos en laderas. Además, ni siquiera se disponía de información básica sobre el sistema del frijol terciopelo, lo cual hacía difícil diseñar los correspondientes experimentos controlados en una estación experimental o, incluso, formular hipótesis que pudieran ponerse a prueba. Al estudiar el sistema *in situ,* pudimos identificar una amplia gama de factores que influyen en el comportamiento agronómico y determinar su prioridad para una investigación posterior en profundidad (Sébillote 1987).

La investigación en fincas también nos dio la única oportunidad viable de generar datos empíricos sobre las tendencias a largo plazo en el empleo continuo del frijol terciopelo. Como muchos agricultores del norte de Honduras habían estado usando continuamente el frijol terciopelo en los mismos campos durante 10—15 años, sustituimos los experimentos clásicos a largo plazo, más costosos, por un método de espacio por tiempo o de cronosecuencias (Pickett 1988; Johnston y Powlson 1994). Inferimos las tendencias en el tiempo a partir de una comparación sistemática de parcelas con distintos períodos de empleo del frijol terciopelo. La oportunidad de obtener la muestra entre un gran número de agricultores que usan la misma tecnología en forma sistemática durante 10 o más años rara vez se encuentra en los estudios a largo plazo. Por consiguiente, la

situación en el norte de Honduras era muy adecuada para ensayar en las condiciones de las fincas las oportunidades y restricciones que presenta el método de cronosecuencias.

No obstante, el riesgo de mezclar los factores causales es grande cuando se interpretan las observaciones usando un método de cronosecuencias. Por ejemplo, era imposible estar seguro de que la base de comparación entre las parcelas era la misma. Además, no era posible poner a prueba los resultados en forma independiente dentro del marco temporal y el contexto de este estudio. El relativamente grande sistema de muestreo usado para el estudio aumentó la validez de las conclusiones obtenidas usando un método de cronosecuencias.

Reseña de este libro

En el Capítulo 1 se describe el desplazamiento del frijol terciopelo y el conocimiento de sus usos desde Asia hasta el norte de Honduras, señalando las condiciones en las que la práctica del frijol terciopelo ha sufrido altibajos en diversas partes del mundo. Se describen las características botánicas básicas de *Mucuna* spp. y sus usos históricos en los Estados Unidos de América y otros lugares.

En el Capítulo 2 se examinan las principales características de los sistemas agrícolas del norte de Honduras. Se describen el clima favorable y los suelos fértiles y se los relaciona con características nacionales que influyen en la producción y los precios del maíz. Analizamos la disponibilidad de tierras en laderas y los patrones de distribución de la tierra en la llanura del litoral (que empujan a los agricultores hacia las laderas) como otros factores que han llevado a los agricultores a emplear el frijol terciopelo. Este capítulo también examina la baja productividad de los cultivos itinerantes (una alternativa del sistema de producción de maíz).

El Capítulo 3 indaga sobre el contexto a nivel de las fincas, con vistas a establecer un marco más amplio para el análisis de la adopción.

En el Capítulo 4 se presentan los datos sobre la adopción en el norte de Honduras y se describen en detalle las prácticas de manejo del frijol terciopelo. También se exponen las evaluaciones hechas por los agricultores de las ventajas y desventajas del sistema frijol terciopelo-maíz y se bosqueja una evaluación general del sistema.

En el Capítulo 5 se examinan los procesos agroecológicos que explican la relativamente alta productividad del sistema frijol terciopelo-maíz, haciendo hincapié en conocer los efectos en el ciclo de los nutrimentos y las tendencias a largo plazo en la fertilidad del suelo. Las encuestas a nivel de las parcelas y el análisis mediante cronosecuencias de los datos del suelo constituyen la base de este análisis.

En el Capítulo 6, se compara la rentabilidad del sistema frijol terciopelo-maíz con la de otros cultivos regionales alternativos y se evalúan las repercusiones económicas del sistema en la región.

En el Capítulo 7 se analizan los factores que influyen en la adopción del sistema frijol terciopelo-maíz, destacando las restricciones asociadas con la tierra y los recursos de mano de obra de los agricultores y con factores económicos más amplios, como el cambio regional del uso de la tierra hacia la cría de ganado con un doble propósito.

En las Conclusiones se sintetizan nuestros principales resultados y se examinan las condiciones en que la experiencia con el frijol terciopelo es útil para los pequeños agricultores de otros lugares de Centroamérica. Si bien no nos propusimos desarrollar un marco teórico integrado, esperamos que el análisis interdisciplinario de las múltiples facetas de un sistema de cultivo definido con precisión contribuirá a debates más amplios sobre la teoría y la práctica de la agricultura sustentable.

Capítulo 1

EL FRIJOL TERCIOPELO: UNA PLANTA NUEVA CON HISTORIA

En los últimos años, los cultivos de cobertura han recibido gran atención por parte de los científicos y los agentes del desarrollo preocupados por la productividad y la sostenibilidad de los sistemas agrícolas del mundo en desarrollo. El fríjol terciopelo se destaca entre los cultivos de cobertura estudiados y fomentados (Durón et al. 1989; Bunch 1990; Camas Gómez 1991; Quiroga Madrigal et al. 1991; Derpsch y Florentín 1992; Lobo Burle et al. 1992; SAA-Global 2000, Inc. 1992; Zea 1992; Buckles y Arteaga 1993; Chávez 1993; Versteeg y Koudokpon 1993; Artega et al. 1997; Calegari et al. 1997; Flores 1997). Sin duda es uno de los cultivos de cobertura conocidos en la actualidad más populares para las zonas tropicales y un ejemplo destacado de la contribución potencial de los cultivos de cobertura a los sistemas agrícolas sustentables. Lo que no se conoce tan bien es que el fríjol terciopelo fue proclamado hace 75 años “uno de los cultivos más importantes de reciente introducción” (Tracy y Coe 1918, p. 3). El fríjol terciopelo se cultivó extensamente en los Estados Unidos de América a comienzos de este siglo y fue incluido en esa época en numerosos programas de investigación en Africa, Asia y América Latina, con resultados variados. También ha sido cultivado con éxito durante más de 40 años por agricultores indígenas de Centroamérica. Este capítulo describe la historia del frijol terciopelo y el conocimiento de sus usos e identifica algunas de las condiciones ambientales y socioeconómicas en las que ha sido utilizado en diversas partes del mundo. El conocimiento de esas condiciones puede ayudarnos a identificar antiguas restricciones y oportunidades nuevas del empleo de esta planta no tan nueva.

Orígenes y características botánicas del frijol terciopelo

El frijol terciopelo, una vigorosa leguminosa trepadora anual, originalmente provino del sur de China y el este de la India, donde fue en un tiempo cultivada ampliamente como hortaliza (CSIR 1962; Burkill 1966; Duke 1981; Wilmot-Dear 1984). El género *Mucuna* (Adans), perteneciente a la familia Fabaceae, abarca tal vez 100 especies de leguminosas anuales y perennes, incluido el frijol terciopelo anual. El género *Stizolobium* fue usado por Bort (1909) para distinguir al frijol terciopelo de *Mucuna* spp. perennes, pero esta distinción no fue mantenida por Burkill (1966) o Bailey (1947).

La *Mucuna* es autógama y, por lo tanto, es rara la contaminación natural (Duke 1981). En las zonas tropicales hay más o menos una docena de *Mucuna* spp. que probablemente representan una fragmentación del cultigen asiático, y existen numerosas cruzas e híbridos (Piper y Tracy 1910; Bailey 1947; Burkill 1966; Bailey y Bailey 1976). Las especies mencionadas más comúnmente incluyen *M. deeringiana* Merrill, *M. utilis* Wallich (frijol terciopelo de Bengala), *M. pruriens* (L.) DC, *M. nivea, M. Hassjoo* (frijol terciopelo de Yokohama), *M. aterrima* Holland (frijol terciopelo de Mauricio y Bourbon), *M. capitata* y *M. diabolica* (IIA 1936; Burkill 1966; Tanaka 1976; Duke 1981). Sin embargo, la taxonomía de estas especies es confusa y algunas designaciones pueden ser sinónimos. Por ejemplo, Burkill (1966) registró *M. nivea* como sinónimo de *M. cochichinensis* y *M. lyonii* (frijol terciopelo de Lyón) (Awang et al. 1997).

Las principales diferencias entre las especies cultivadas son el carácter de la pubescencia en la vaina, el color de la semilla y el número de días hasta la cosecha de la vaina. "*Cowitch" y "cowhage"* son los nombres comunes en inglés de los tipos de *Mucuna* con largos pelos urticantes en la vaina. El contacto provoca en el hombre una dermatitis muy pruriginosa, causada por la *mucunaina* (Infante et al. 1990). Los tipos no urticantes, conocidos por el nombre común de "frijol terciopelo" *(yelvetbean* en inglés) tienen pelos sedosos aplanados. El frijol urticante puede ser el tipo original del género (Bailey 1947). Las semillas son de color negro brillante, blanco crema, gris, beige y moteadas. Los ciclos biológicos varían entre 100 y 300 días hasta la cosecha de la vaina (Tracy y Coe 1918; Bailey 1947). También se ha informado la existencia de una variedad no trepadora con escasa producción de follaje, que recibe el nombre de "frijol terciopelo en racimo" *(bunch velvetbean* en inglés) (Watson 1922; Duke 1981).

El frijol terciopelo producido en el norte de Honduras es probablemente *M. pruriens,* que es la especie cultivada más difundida. El tipo de semilla moteada es el más común en el norte de Honduras, si bien también hay semillas de color negro brillante y blanco crema. Los agricultores observan que el frijol terciopelo de semilla negra es ligeramente más precoz que los otros, pero todos los tipos de frijol terciopelo se cosechan a granel, cualquiera que sea su tipo, y se vuelven a sembrar juntos. Todos los campos de frijol terciopelo observados en el norte de Honduras comienzan a florecer a comienzos o mediados de octubre, cualquiera que sea la fecha de siembra. Esto indica que el ciclo biológico del cultivo responde a períodos de luz solar más breves (fotoperiódico). La floración también puede ser estimulada por las temperaturas nocturnas más frescas (21°C) (Duke 1981). El frijol terciopelo muere en forma natural después de producir la semilla, unos 45–60 días después de la floración.

La mayoría de las especies *Mucuna* presentan una razonable tolerancia a varios factores abióticos desfavorables, como la sequía, la escasa fertilidad y la elevada acidez del suelo, si bien son sensibles a las heladas y se desarrollan deficientemente en los suelos húmedos y fríos (Duke 1981; Hairiah 1992; Lobo Burle et al. 1992). El género se desarrolla mejor en condiciones de calor y humedad, por debajo de los 1 500 m sobre el nivel del mar y en zonas con precipitaciones abundantes. En esos entornos, los tallos del frijol terciopelo pueden alcanzar los 10 m y el follaje puede llegar hasta 1 m sobre la superficie del suelo. El frijol terciopelo produce cantidades considerables de hojas antes de llegar a la madurez, las cuales se pudren gradualmente en un lecho de hojarasca bajo la planta que crece activamente. Sólo se pueden encontrar unas cuantas raíces por m^2 que horadan la tierra hasta los estratos profundos, pero las raíces superficiales son abundantes (Tracy y Coe 1918; Hairiah 1992). Las cantidades de biomasa aérea varían desde cinco a más de 12 t de materia seca (MS) ha^{-1}; debajo de la superficie, se puede producir más de 1 t de raíces secas ha^{-1}(Duggar 1989; Ferris 1917; Camas Gómez 1991; Chávez 1993; véase también el Capítulo 5). La producción de vainas es variable y depende de las condiciones ambientales, pero puede fácilmente llegar a más de 2 t ha^{-1}, especialmente cuando los tallos del frijol terciopelo tienen la oportunidad de trepar por los árboles, tallos u otros tutores. Como la mayoría de las leguminosas, el frijol terciopelo tiene la capacidad de fijar el N atmosférico mediante una relación simbiótica con microorganismos del suelo. El N es convertido por los rizobios de las raíces de la planta en una forma asimilable, que se almacena en las hojas, los tallos y las semillas y convierte a la planta en una fuente eficiente de N.

Se ha señalado que *Mucuna* spp. contienen los compuestos tóxicos L-Dopa, triptaminas alucinógenas y factores antinutricionales tales como fenoles y taninos (CSIR 1962; Ravindran y Ravindran 1988; Awang et al. 1997). Debido a las concentraciones elevadas de L-Dopa (7%), el frijol terciopelo es una fuente comercial de esta sustancia, usada en el tratamiento de la enfermedad de Parkinson. No obstante, la L-Dopa también puede producir un estado de confusión mental y trastornos intestinales en el ser humano.

A pesar de sus propiedades tóxicas, diversas especies de *Mucuna* se producen como cultivo alimentario secundario. Las semillas crudas de frijol terciopelo contienen alrededor de 27% de proteínas y son ricas en minerales (especialmente K, Mg, Ca y Fe; de la Vega et al. 1981; Duke 1981; Olaboro 1993). Durante los siglos XVIII y XLX, la *Mucuna* fue cultivada ampliamente como hortaliza en las estribaciones y los cerros más bajos del este de los Himalayas y en Mauricio (Watt 1883; Piper y Tracy 1910; CSIR 1962). Se hervían y se comían tanto las vainas verdes como los frijoles maduros. Burkill (1966) y Watt (1883) señalaron que la *Mucuna* con el tiempo fue sustituida como hortaliza en Asia por leguminosas más apetitosas, si bien todavía se la utiliza en los casos de hambruna y en platillos especiales en el nordeste de la India (CSIR 1962; observaciones sobre el terreno de D. Buckles). En Guatemala y México, por al menos varios decenios *M. pruriens* ha sido tostada y molida para obtener un sucedáneo del café; la semilla es muy conocida en la región como "Nescafe," en reconocimiento de ese uso. El empleo de *Mucuna* spp. como cultivos alimentarios secundarios también ha sido observado en Ghana (Osei-Bonsu et al. 1995), Mozambique (Infante et al. 1990) y Nigeria (Ezueh 1977). Sin embargo, un brote de psicosis aguda en Mozambique fue atribuido al consumo inapropiado del frijol terciopelo: a causa de la hambruna y la sequía, el agua usada para hervir la semilla no era descartada, como se hace normalmente, y se consumieron cantidades de ese líquido superiores a las habituales (Infante et al. 1990).

La toxicidad del frijol terciopelo no procesado tal vez explique por qué la planta tiene pocos problemas con las plagas de insectos (Scott 1910; IIA 1936; Duke 1981). El frijol terciopelo es bien conocido por sus efectos nematocidas cuando se lo usa en rotación con varios cultivos comerciales (Acosta et al. 1991; Kloepper et al. 1991; Marban-Mendoza et al. 1992), a pesar de que no es él mismo inmune a varias especies de nematodos (Duke 1981). También parece poseer una notable actividad alelopática, que quizás contribuya a suprimir a las plantas competidoras (Gliessman et al. 1981). No obstante, puede alojar agentes patógenos transmitidos por el suelo, como *Macrophomina phaseolina,* que son nocivos para el maíz y otros cultivos alimentarios (Bell y Jeffers 1992; Berner et al. 1992).

También se han cultivado durante cierto tiempo *Mucuna* spp. como cultivo de barbecho para mejorar la fertilidad del suelo, combatir la maleza y como planta forrajera. Burkill (1966) observó que se cultivaba *Mucuna* en Bali, Java y Sumatra en el siglo XVII para recuperar el suelo desgastado, en su primer empleo informado como cultivo de cobertura. Una encuesta sobre el empleo de leguminosas en los países tropicales, efectuado por el Instituto Internacional de Agricultura (IIA) en el decenio de los años 30 (IIA 1936), documentó el empleo de *M. pruriens* en el Punjab de la India como cultivo de cobertura y, en la isla de Madagascar, para obtener forraje para el ganado y mejorar el suelo para la caña de azúcar, la yuca y el pasto limón. Se ha señalado que la misma especie fue usada en Zanzíbar para prevenir el desarrollo de *Imperata cylindrica y* para proporcionar un abono verde al maíz, la yuca y el sorgo. *Mucuna aterrima* fue usada como abono verde del maíz y el tabaco en Malawi y como cultivo de cobertura en Sierra Leona. Ya en 1906, *Mucuna deeringiana* era usada como cultivo de cobertura en las plantaciones de cítricos y bananas de Jamaica y Puerto Rico.

En el decenio de los años 20, varias estaciones experimentales de Nigeria cultivaron *Mucuna* spp. en un descanso mejorado y como cultivo de relevo (con el maíz y la yuca), con vistas a intensificar sistemas agrícolas itinerantes en pequeña escala (IIA 1936); sin embargo, nunca se comunicó la adopción de la práctica. Los autores del estudio del IIA argumentaron que no existía una necesidad apremiante de usar abonos verdes en el oeste de Africa ya que eran abundantes las tierras boscosas y las prácticas tradicionales de cultivo itinerante requerían menos manos de obra para desmontar las tierras que el cultivo permanente. En el oeste de Africa, durante los años 20 las técnicas de barbecho y de roza y quema combatían eficazmente las malezas y constituían una óptima preparación de la tierra para la siembra. En esas condiciones, los agricultores parecían poco dispuestos a invertir mano de obra adicional en establecer cultivos de cobertura y abono verde. No obstante, como se señala más adelante, las circunstancias cambiantes pueden estar ofreciendo nuevas oportunidades para los cultivos de cobertura en esta región.

El frijol terciopelo en los Estados Unidos de América

El frijol terciopelo alcanzó merecida fama en el sur de los Estados Unidos a fines de siglo, cuando se lo usaba ampliamente como forraje y como abono verde. Probablemente fue llevado al Caribe por trabajadores contratados provenientes del sur de Asia (Burkill 1966), y, desde allí, llegó a la Florida entre 1870 y 1880, donde atrajo el interés de agricultores e investigadores (Bort 1909). Un agricultor, el señor Newheart de Ocoee, Florida, en 1895 proporcionó a O. Clute, de la Estación Agrícola Experimental de Florida, la semilla de “un guisante”, y señaló que “la abundancia de follaje y tallos, que cubren completamente el suelo después de la helada, sugería la idea de sembrarlos en los naranjales como abono, en lugar de comprar fertilizantes comerciales” (Clute 1896, p. 342). Para 1897, unos 300 productores de naranjas de Florida sembraban el frijol terciopelo en sus huertos para mejorar la fertilidad del suelo (Miller 1902; Bort 1909).

La prolongada temporada exenta de heladas necesaria para producir la semilla de frijol terciopelo (190 días) inicialmente limitó su empleo fuera de la Florida y la mitad meridional de los estados del Golfo (Duggar 1899; Piper y Tracy 1910; McClelland 1919). Sin embargo, esta limitación fue parcialmente superada cuando otro agricultor, Clyde Chapman de Sumner, Georgia, recogió frijoles de las plantas de maduración precoz del frijol de la Florida. Las semillas de estas plantas fueron distribuidas después de 1914 en todo el sur de los Estados Unidos como “frijol terciopelo de Georgia” (Coe 1918). La semilla de estas variedades se producía en unos 100 días.

El empleo del frijol de maduración precoz como cultivo para mejorar el suelo rápidamente se extendió a los límites septentrionales de la franja algodonera (Figura 2). De 9 293 ha en 1908 (Scott 1910), la superficie del frijol terciopelo creció a más de 400 000 ha para 1915 y a 2 x 10^6 ha para 1917 (Coe 1918). La variedad de Georgia y otra de madurez precoz, el “frijol terciopelo de Alabama”, ocupaban alrededor del 80% de la superficie cultivada con la leguminosa en 1917 (Tracy y Coe 1918).

Comúnmente se cultivaba el frijol terciopelo intercalado entre los surcos de maíz para mejorar la fertilidad del suelo en las rotaciones maíz-algodón en los estados del sur. Según muchos investigadores, no tenía parangón como mejorador del suelo (Miller 1902; Piper y Tracy 1910; Ferris 1917; Braunton 1918; Cauthen 1921; Pieters 1928). Sin embargo, su empleo más importante era como alimento de los cerdos y el ganado bovino (Ferris 1917; Templeton et al. 1917; Scott 1919; Lamaster y Jones 1923). Cuando se lo introdujo por primera vez en los estados sureños, se cultivaba el frijol terciopelo en los campos de maíz y se apacentaba a los animales en el otoño y el invierno, después de cosechar el maíz. Los residuos restantes eran luego incorporados a la tierra con el arado y se iniciaba un nuevo ciclo del cultivo. A medida que aumentaba la experiencia con el frijol terciopelo, se recogían más frijoles cuando el cultivo perecía después de una helada intensa y se alimentaba a los animales con los frijoles o éstos se colocaban en el mercado como frijoles con cáscara (Ferris 1917; Templeton et al. 1917; Tracy y Coe 1918; Scott 1919; Lamaster y Jones 1923). Las vainas de frijoles eran llevadas a los molinos y machacadas o trituradas con cáscara para obtener alimento para los bovinos, caballos y mulas, reemplazando en gran medida a la harina de semilla de algodón como componente proteínico del alimento para animales usado en los estados del sur (Ferris 1917; Willet 1918).

El frijol terciopelo era muy popular en la franja algodonera de los Estados Unidos debido a su extremo vigor y a su capacidad de producir vainas (Scott 1910, 1919). Según los primeros estudios, el crecimiento del frijol terciopelo superaba considerablemente el del caupí — otro cultivo comúnmente usado como abono verde — y nunca era atacado por los nemátodos, parásitos que podían ser propagados por el caupí en las plantaciones de algodón. Cuando morían por las

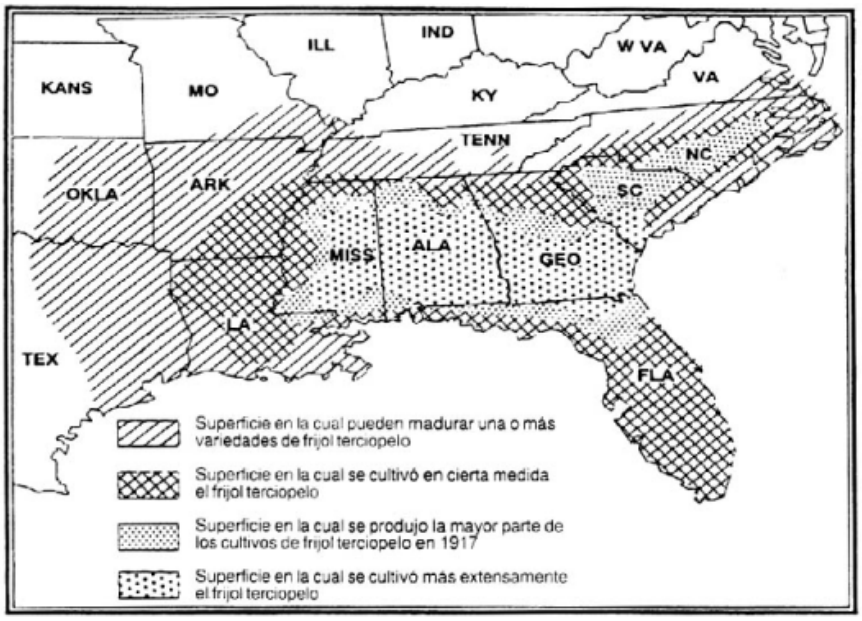

Figura 2. Distribución del empleo del frijol terciopelo en los Estados Unidos de América, 1917. Fuente: Tracy y Coe (1918).

heladas, las hojas y tallos del frijol terciopelo caían juntas al suelo y formaban un colchón apretado que permanecía allí hasta quese enterraba todo el cultivo con el arado. Fácilmente se obtenían rendimientos de frijoles (en la vaina) de 2—3 t ha^{-1}. El valor del frijol terciopelo producido en la finca como alimento para los animales con el fin de obtener carne y leche era comparable al de otros alimentos adquiridos, como la harina de semilla de algodón, pero con menos del 20% del costo de estos últimos alimentos (Scott 1919; Cauthen 1921).

Si bien el frijol terciopelo era apreciado principalmente por su función como cultivo forrajero, también se documentaron sus efectos de mejoramiento del suelo (Duggar 1899; Stubbs 1899; Miller 1902; Ferris 1917; McClelland 1919; Cauthen 1921. Se estimó que las hojas, vainas y raíces del frijol terciopelo bien desarrollado, producido como cultivo único y sin fertilización mineral, contenía 155–200 kg N ha^{-1}. Cuando el frijol terciopelo se intercalaba en el maíz a los 30 días de la siembra del cereal, los rendimientos de éste se reducían hasta en un 10%, pero esas pérdidas eran más que compensadas por los cultivos posteriores (Ferris 1917; Tracy y Coe 1918). Los primeros estudios sistemáticamente informaron aumentos del rendimiento de maíz de 60–30% después del empleo del frijol terciopelo, lo cual llevó a un investigador de esa época (Duggar 1902, p. 176) a observar que “el frijol terciopelo es una fuente de nitrógeno más barata que cualquier otro material nitrogenado que se pueda comprar como fertilizante comercial”. Los experimentos realizados en diversas estaciones experimentales con el maíz, el sorgo, el trigo, el algodón y la avena revelaron que el frijol terciopelo era superior al caupí o la soya para aumentar el rendimiento (Duggar 1899; Stubbs 1899; Miller 1902; Ferris 1917; Coe 1918; McClelland 1919). Aun cuando se apacentara el ganado en el frijol terciopelo, la fertilidad del suelo se mantenía para los cultivos posteriores (Scott 1910).

La invasión por el picudo del algodón y una declinación de la industria algodonera de los estados sureños impulsaron la expansión de la superficie dedicada al frijol terciopelo (McClelland 1919). Las tierras relativamente no cultivadas a causa de la crisis del algodón fueron nuevamente aprovechadas con el frijol terciopelo, que rápidamente se convirtió en uno de los cultivos más importantes del sur de los Estados Unidos usado como alimento para los animales y como mejorador del suelo. Un investigador (Scott 1919, p. 216) señaló que “la historia del frijol terciopelo podía llamarse una novela agrícola”. El frijol terciopelo fue proclamado tanto por los científicos como por los agricultores el salvador de la agricultura sureña debido a la gran cantidad de alimento para los animales producida por el cultivo y a que su bajo costo estimuló la producción de ganado (Ferris 1917; Coe 1918; Scott 1919). Scott (1919) estimó en más de 20 millones de dólares estadounidenses (USD) el valor comercial neto del frijol terciopelo producido como cultivo intercalado en el maíz en 1917.

El empleo del frijol terciopelo disminuyó algo a comienzos de los años 20, pero el cultivo siguió siendo importante en los estados del sur hasta mediados de los 40, cuando la cantidad de hectáreas dedicadas al frijol terciopelo se redujo con rapidez (Figura 3). Para 1965, el frijol terciopelo había desaparecido de las estadísticas agrícolas estadounidenses.

La declinación del frijol terciopelo en el sur de los Estados Unidos probablemente obedeció a la brusca caída de los precios de los fertilizantes minerales y al incremento de la popularidad de la soya como cultivo comercial. Tanto el frijol terciopelo como la soya se pueden intercalar en el maíz para mejorar la fertilidad del suelo y sirven para apacentar el ganado bovino y porcino; además, la semilla de ambos se puede cosechar y usar en la elaboración de alimentos para los animales. Sin embargo, la soya es un cultivo más versátil y alcanza un precio más alto como grano.

Según las estadísticas del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América (USDA), el valor de producción del grano de frijol terciopelo en 1944 — el año en que la superficie de frijol terciopelo comenzó a disminuir

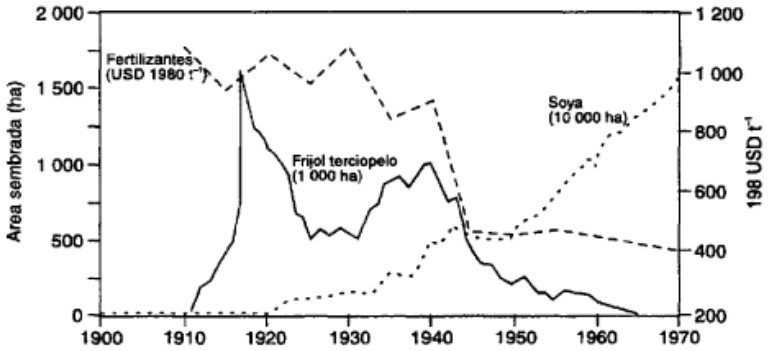

Figura 3. Superficie de frijol terciopelo, empleo de fertilizantes y superficie de soya en los Estados Unidos, 1900–1970. Fuentes: USDA (1910–70); Hayami y Ruttan (1985, cuadro c-2); Buckles (1995). Nota: Gastos agrícolas en fertilizantes divididos por la cantidad de los principales nutrimentos de la plantas (N, P y K).

bruscamente — era de 29 dólares ha^{-1}, en comparación con 91 dólares ha^{-1} para la soya. La superficie de la soya en los Estados Unidos empezó a aumentar notablemente a medida que se reducía la superficie de frijol terciopelo, lo cual refleja la sustitución de un cultivo por el otro. El cambio en la producción fue acompañado de una caída del precio real de los fertilizantes comerciales a mediados de los años 40, que contribuyó aun más a la declinación del frijol terciopelo y otros cultivos usados para mejorar el suelo en los Estados Unidos, como el caupí.

El empleo del frijol terciopelo en Centroamérica

El entusiasmo por el frijol terciopelo en los Estados Unidos estimuló a comienzos de este siglo la difusión de la semilla a muchos países de las zonas tropicales con propósitos de experimentación. Inicialmente, la semilla de frijol terciopelo era vendida por las empresas de semilla estadounidenses bajo el nombre de “frijol de las plantaciones de bananas” (Duggar 1899; Bort 1909, p. 26) y más tarde fue distribuida por el USDA como frijol terciopelo en todas las zonas tropicales (Piper y Tracy 1910). El frijol terciopelo y el conocimiento de sus usos en Centroamérica puede vincularse con las prácticas de manejo desarrolladas por los agricultores del sur de los Estados Unidos. La planta probablemente fue introducida en Centroamérica como cultivo forrajero en los años 20 por la United Fruit Company, una empresa productora de bananas que poseía grandes extensiones de tierras a lo largo del litoral atlántico de América Central. Personas de edad que habían trabajado en las plantaciones de bananas en Morales y Puerto Barrios, Guatemala, señalaron que el frijol terciopelo era cultivado en el maíz por los trabajadores de las plantaciones en las tierras de la empresa, y que en los campos pastaban las mulas usadas para transportar las bananas desde las plantaciones a las estaciones ferroviarias (Buckles 1995).

El empleo del frijol terciopelo como cultivo forrajero por las empresas productoras de bananas desapareció a medida que las mulas fueron reemplazadas por tractores en los años 30, pero la planta retuvo el nombre de “frijol mula” o *quenk mula* entre los indígenas ketchis de Guatemala. Los ketchis, originarios de la zona de tierras altas densamente poblada de Verapaz, trabajaron en las plantaciones de bananas de Guatemala y pueden haberse familiarizado con el frijol terciopelo. Carter (1969) observó que los ketchis que emigraron al valle de tierras bajas de Polochic, en el departamento de Izabel, Guatemala, habían sembrado el frijol terciopelo en rotación con el maíz desde su llegada en los años 50. Los agricultores comerciales, que también se establecieron en el valle en esos años, usaban el frijol terciopelo con un doble propósito: mejorar el suelo para el maíz y como cultivo forrajero para el ganado. Según los residentes de más edad entrevistados por D. Buckles, el cultivo fue introducido por primera vez en el valle durante los años 30 por un jamaiquino propietario de plantaciones de bananas, financiadas por la United Fruit Company (véase también Carter 1969).

La estrategia de manejo del frijol terciopelo usada por los agricultores comerciales y los ketchis en el valle de Polochic difería de la utilizada por los agricultores estadounidenses. Mientras que en los Estados Unidos se intercalaba el frijol terciopelo en el maíz de verano, en Guatemala se aplicó una estrategia de rotación con el maíz de postrera. Como en el norte de Honduras, el cultivo de frijol terciopelo maduro era cortado con un machete en noviembre y luego se sembraba el maíz con un chuzo en la capa de hojas y tallos de frijol terciopelo en descomposición. Después de la cosecha del maíz, el cultivo de frijol terciopelo se restablecía mediante la resiembra natural o era sembrado de nueva cuenta por el agricultor, con lo cual continuaba indefinidamente la rotación. Estos agricultores también cultivaban maíz en un campo diferente durante la temporada de lluvias principal, usando las técnicas tradicionales de roza y quema (Carter 1969).

El empleo del frijol terciopelo por los agricultores comerciales del valle de Polochic declinó bruscamente en los años 70, cuando gran parte de la tierra usada en la producción de maíz fue destinada al pastoreo del ganado (Buckles 1995). A su vez, el aumento de las tierras de pastoreo redujo la necesidad del frijol terciopelo como cultivo forrajero. Estos cambios acaecieron antes de que se dispusiera ampliamente de fertilizantes comerciales en el valle. De hecho, los pocos productores de maíz en gran escala restantes continuaron cultivando maíz de postrera en rotación con el frijol terciopelo, con mejores rendimientos y utilidades netas más altas que los obtenidos con las prácticas de producción de maíz basadas en fertilizantes comerciales (Chávez 1993; Buckles 1995). Esto indica que los grandes cambios en los patrones de uso de la tierra pueden tener más de un efecto en el empleo del frijol terciopelo en Centroamérica, en comparación con otras técnicas de producción de maíz, algo que se comprueba nuevamente en el norte de Honduras.

El frijol terciopelo todavía es usado por los ketchis en el valle de Polochic, las montañas costeras del norte cerca de Livingstone, el Petén y zonas fronterizas de Belice. El cultivo también ha sido empleado desde por lo menos los años 50 por agricultores indígenas de los estados mexicanos de Chiapas, Oaxaca, Tabasco y Veracruz. Los mames del sudoeste de Chiapas (Tsuzuki, comunicación personal, 1993[1]) y los nahuas de Mecayapan, en el sur de Veracruz (Buckles y Perales 1995), manejan el frijol terciopelo en las laderas como cultivo de rotación con el maíz de invierno, usando prácticas similares a las de los ketchis. Los popolucas de San Pedro Zoteapan, también al sur de Veracruz, siembran al voleo el frijol terciopelo en las parcelas de maíz que van a dejar en descanso, originando una práctica que llaman *hacer acaual* (dejar en descanso). Según

agricultores experimentados, los rendimientos del maíz en tierras mejoradas usando el frijol terciopelo durante dos años compite con los rendimientos en las tierras que permanecieron en descanso durante cinco años con árboles y arbustos autóctonos, lo cual implica una considerable intensificación del ciclo tradicional de cultivo (Buckles y Perales 1995).

Los mixes y chinantecos del sureste de Oaxaca también han utilizado el frijol terciopelo por varios decenios en rotación con el maíz de invierno (Arévalo Ramírez y Jiménez Osornio 1988). No obstante, el tipo de tierras dedicadas a la rotación difiere de las tierras en laderas usadas por los ketchis, nahuas y popolucas. En el sureste de Oaxaca, el frijol terciopelo está establecido en las riberas de los ríos, que en ocasiones se inundan. Esta tierra a menudo es muy fértil a causa del depósito periódico de suelo nuevo traído por el agua de las inundaciones, pero no es apta para la mayoría de los cultivos de la temporada de lluvias a causa del riesgo de inundaciones. Además, las riberas están muy infestadas por malezas traídas junto con el sedimento y esto aumenta el costo de la labranza. Sin embargo, estas características hacen a las riberas ideales para la producción del maíz de invierno con el frijol; el agresivo cultivo de cobertura asfixia las malezas y, cuando se lo corta, forma un mantillo que conserva la

[1] A. Gonzalo Tsuzuki, agrónomo, communicación personal, 1993.

humedad de la temporada de lluvias, necesaria para producir maíz durante el período relativamente seco del año (Narváez 1996).

Los diversos tipos de tierra y las prácticas agrícolas tradicionales de los chontales de Tabasco han originado otra variación en el manejo del frijol terciopelo con el maíz de invierno. Estos agricultores usan lomos en los terrenos pantanosos de su territorio para cultivar el maíz de invierno en un mantillo de frijol terciopelo, en el cual también intercalan calabazas (*Cucurbita pepo* L.), lo cual constituye una adaptación de la tríada maíz-frijol-calabaza característica de los sistemas indígenas de cultivos intercalados en Centroamérica (Miranda Medrano 1985; Granado Alvarez 1989). El sistema diversificado controla las plagas del suelo que, de otro modo, afectarían considerablemente los rendimientos de maíz (Quiroga Madrigal et al. 1991).

El frijol terciopelo fue introducido en el norte de Honduras a comienzos de los años 70, probablemente por dos hermanos guatemaltecos que se establecieron en Planes de Hicaque, cerca de Tela. Se atribuye a un hondureño, cuñado de los hermanos ya mencionados, la introducción de la semilla en San Francisco de Saco, que es también uno de los primeros sitios donde se empleó el frijol terciopelo en el norte de Honduras. La planta creció en forma silvestre e inadvertida durante varios años. Algunos agricultores de la comunidad observaron la capacidad de la planta de combatir las malezas y mejorar los rendimientos de maíz en las parcelas donde existía, con lo cual redescubrieron la práctica de rotación de los ketchis y otros pueblos. En el norte de Honduras, la parcela de frijol terciopelo recibe el nombre de *abonera,* o campo fertilizado. La semilla del frijol terciopelo es conocida como *frijol de abono* en reconocimiento de uno de sus principales beneficios.

No se han encontrado datos que expliquen cómo se difundió el frijol terciopelo entre todas estas poblaciones (Figura 4). Los patrones de emigración y los vínculos comerciales entre los pueblos indígenas de la región pueden haber cumplido una función. Los ketchis (primeros usuarios del frijol terciopelo) fueron desplazados por fuerzas políticas a zonas de Guatemala y Belice y al sur de México y posiblemente llevaron con ellos la semilla del frijol terciopelo y el conocimiento de su empleo. La persona a quien se atribuye la introducción del frijol terciopelo entre los nahuas del sur de Veracruz emigró a la zona desde un enclave nahua en Tabasco, donde también se usa el frijol terciopelo (Buckles y Perales 1995). Actualmente, la semilla de frijol terciopelo producida en las tierrasbajas de Guatemala se comercializa como un sucedáneo del café entre los pueblos indígenas de las tierras altas, que están culturalmente relacionados con los mames de Chiapas. El empleo del frijol terciopelo como sucedáneo del café

Figura 4. Zonas de Centroamérica con adopción espontánea de las rotaciones frijol terciopelo-maíz.

también puede haber estimulado la difusión de la semilla, y quizás también de las prácticas de manejo del cultivo de cobertura.

Conclusiones

El desarrollo y la difusión de las asociaciones maíz-frijol terciopelo son resultado de la experimentación realizada por numerosos agricultores y científicos, que abarcó cuatro siglos y por lo menos ocho países. Los agricultores, los agrónomos y las corporaciones transnacionales están todos

relacionados en una compleja y fortuita cadena de acontecimientos, donde se mezclan las ideas tradicionales y las nociones básicas de los agricultores acerca de la generación y la transferencia de tecnologías. El desarrollo de prácticas de manejo del frijol terciopelo en los Estados Unidos y en Centroamérica no avanzó en forma lineal desde las estaciones de investigación agrícola a los campos de los agricultores. Tampoco surgieron estas prácticas simplemente a partir de conocimientos locales no adulterados y la innovación; más bien, la semilla de frijol terciopelo y el conocimiento de sus usos se difundieron porque numerosos grupos "tomaron prestadas" y adaptaron especies y prácticas foráneas. Esta experiencia ilustra la dinámica y la naturaleza social de las innovaciones agrícolas: las ideas nuevas no surgen de un vacío ni son competencia exclusiva de una clase privilegiada de innovadores.

Los vínculos con el pasado y entre los continentes son sólidos. Al mismo tiempo, los usos actuales y la adaptación del cultivo muestran que los agricultores son, por derecho propio, generadores de conocimientos avanzados. En un lapso muy breve, los agricultores de diversos lugares pudieron asimilar, adaptar e integrar el empleo del frijol terciopelo en sistemas agrícolas con distintos tipos de tierras y mezclas de cultivos. La rapidez y la inventiva con que se logró esto ejemplifica la estrecha relación entre los conocimientos locales y la innovación. Para los popolucas de Veracruz, sembrar frijol terciopelo al voleo para dejar una parcela en descanso era una extensión de las prácticas de cultivo itinerante usadas para restablecer la fertilidad del suelo, eliminar malezas y mejorar la estructura del suelo. El manejo de los chontales del maíz, el fríjol terciopelo y la calabaza surgió de una estrategia tradicional de cultivo intercalado. El empleo del frijol terciopelo por los mixes para combatir las malezas en las riberas de los ríos se derivó de un conocimiento bien desarrollado de los tipos locales de tierras y la biología de las plantas. El conocimiento práctico de la lógica que sustenta la forma en que funciona el frijol terciopelo fue una ventaja bien definida en el proceso de innovación. Reconocer y fortalecer este conocimiento puede brindar nuevas oportunidades para aprovechar prácticas más antiguas, un aspecto que consideraremos nuevamente en el capítulo final de este libro.

CAPÍTULO 2
EL ENTORNO FAVORABLE

La agroecología regional

El norte de Honduras bordea el Caribe a aproximadamente 16° de latitud N y comprende los departamentos de Atlántida, Colón y Cortés (véase la Figura 1). El clima de la región se clasifica como tropical húmedo (Piñeda Portillo 1984; Zúñiga Andrade 1990). La abrupta elevación de la cordillera Nombre de Dios desde el nivel del mar a más de 2 400 m sobre el nivel del mar (snm) detiene los vientos cargados de humedad provenientes del Caribe. Esto genera una elevada precipitación anual en una distribución bimodal (Hargreaves 1980; Zúñiga Andrade 1990; van Wambeke 1992). La precipitación anual media en toda la región es de por lo menos 3000 mm, con algo de lluvia en virtualmente cada semana del año (Figura 5). Las primeras lluvias por lo general comienzan en junio y determinan la *primera* temporada. Las lluvias son ligeras en esa época y varían mucho de un año a otro, lo cual representa un riesgo para la producción de los agricultores que siembran cultivos de primera. Las lluvias más intensas y regulares en el litoral atlántico coinciden con el último trimestre del año (septiembre-diciembre), que inicia la segunda temporada importante de cultivo, conocida como la *postrera.* Una precipitación diaria de 100–200 mm no es rara en esta época y se producen acumulaciones mensuales de 1 000 mm o más.

Las lluvias son erráticas durante la parte final de la postrera. No obstante, el perfil del suelo por lo general contiene 200–300 mm de agua almacenada para fines del período de lluvias intensas, lo cual hace posible que muchos cultivos y la vegetación natural resistan una sequía de 4–6 semanas con pocas consecuencias negativas. Para abril, las lluvias disminuyen y se inicia un breve período relativamente seco, el verano, que continúa hasta fines de mayo.

La temperatura anual media a nivel del mar es de unos 26°C, con una variación anual media de sólo 10–12°C. Las temperaturas alcanzan sus valores máximos en mayo, con un promedio de 28°C y máximas medias de 30–32°C. El mes más fresco es enero, que tiene una temperatura media de 24°C y mínimas medias de 15—17°C. La evapotranspiración, según los cálculos de Hargreaves (1980), permanece moderada durante la temporada de lluvias (unos 3 ó 4 mm d^{-1})

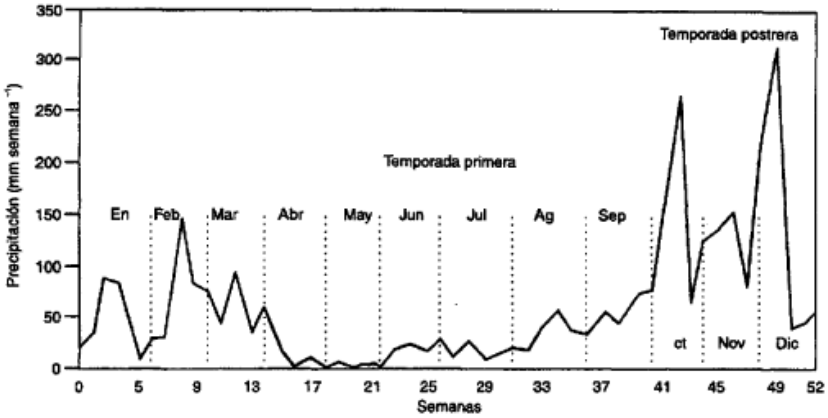

Figura 5. Precipitación semanal media en Finca Buena Vista, Atlántida, al norte de Honduras. Fuente: Estación Experimental de Finca Buena Vista, 1989–91.

y aumenta ligeramente durante la temporada seca (a 5 mm d^{-1}). Los vientos son moderados la mayor parte del tiempo, si bien ocasionales huracanes y otras tormentas tropicales características del Caribe pueden causar daño a los cultivos, especialmente durante la temporada postrera.

Las variaciones climáticas en el norte de Honduras se producen conforme al gradiente de altitud de la cordillera Nombre de Dios y, en menor grado, a lo largo del litoral. Los aumentos en la precipitación anual media en las altitudes más elevadas obedecen a la precipitación causada por los vientos cargados de humedad cuando desciende la temperatura. El extremo oriental de la región (Jutiapa) es un sitio seco, con menos precipitación (2 000 mm a^{-1}) como resultado del inicio más temprano del período seco. Los patrones de la precipitación también varían de una comunidad a otra dentro de la región (Figura 6).

Si bien las condiciones climáticas del norte de Honduras son siempre húmedas, varían periódicamente (Zúñiga Andrade 1990). Hubo periodos relativamente húmedos a fines de los años 70 y comienzos de los 80 y períodos relativamente secos a mediados de los 70, mediados de los 80 y comienzos de los 90. En 1991, 1994 y 1995 la temporada seca duró 4—5 meses. Estas variaciones periódicas de la precipitación producen incertidumbre, pero los agricultores estiman que hay menos de 2 “años malos” en cada 10 años; muchos de hecho rebaten la idea misma de que haya años climáticamente malos. Las precipitaciones aisladas se producen aquí y allá, incluso en los veranos más secos, y sostienen la mayoría de las actividades agrícolas.

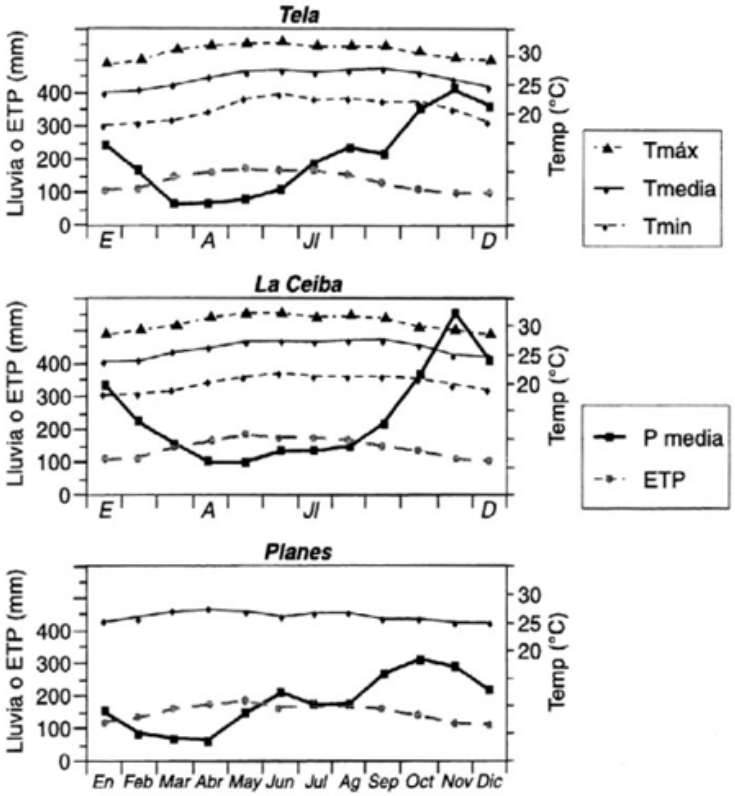

Figura 6. Precipitación anual media en tres comunidades del norte de Honduras. Fuente: Hargreaves (1980). Note: ETP, evapotranspiración; P, precipitación; T, temperatura.

El norte de Honduras está dotado de suelos relativamente ricos, en gran medida no degradados. Los materiales sedimentarios del fondo del océano se elevaron durante el período terciario para formar la cordillera Nombre de Dios, que corre paralela a la costa y tiene picos de casi 2 500 m snm. Este accidente geográfico origina tres regiones naturales contrastantes: la montaña, la llanura del litoral y una zona intermedia de laderas (PDBL 1991).

El terreno llano y las colinas de la llanura del litoral, una estrecha franja a lo largo de la costa a menos de 100 m snm, tienen las mejores tierras agrícolas de la región. Las pendientes generalmente presentan una inclinación de menos del 10%, que en toda la zona nunca supera el 20%; la profundidad de la capa superior del suelo comúnmente es de más de 60 cm. Los suelos, derivados de la plataforma continental y depósitos marinos recientes, son fértiles fluvaquentes tropicales, con propiedades favorables para la agricultura. El bosque tropical húmedo fue el tipo de vegetación primaria en esta zona; la mayor parte de él fue eliminado para la cría de ganado y la agricultura antes de los años 40 (Yuncker 1939, citado en Ludeke 1987). Numerosos ríos originados en las montañas cruzan la llanura; varios de ellos periódicamente inundan los pueblos y ciudades de la costa durante la temporada de máximas precipitaciones y las aislan temporalmente del resto del país. Los principales usos de la tierra en la llanura del litoral son los pastizales para la producción de ganado con un propósito doble, las plantaciones de bananas, piñas y palmas africanas y cierta producción de arroz.

La zona de laderas — a menos de 600 m snm — es menos apta para la agricultura que la llanura del litoral a causa de las pendientes muy empinadas; aun así, la producción de granos básicos se concentra en esta zona. Los tipos de suelos varían según la altitud y la ubicación específica e incluyen hapludalfos únicos, distropectos típicos, hapludultos típicos, tropohumultos y tropodultos (Rosales y Sánchez 1990), derivados principalmente de rocas metamórficas duras originadas en la era paleozoica (Simons 1969). La mayoría de estos suelos son relativamente profundos (normalmente 60–80 cm) y tienen un pH moderadamente ácido (alrededor de 6.0) y buenos niveles de bases intercambiables hasta una profundidad de 60 cm o más, por lo general de 10 a más de 20 cmol(+) kg^{-1}(Cuadro 1). Con propiedades del suelo como éstas, la zona de laderas sería favorable para la agricultura si no fuera por lo empinado de las pendientes y la sensibilidad de éstas a la erosión.

En las laderas, la topografía es variada pero predominan los terrenos ondulados e irregulares, con inclinaciones que varían entre 20 y 100% (PDBL 1991). Por ejemplo, en las pendientes de tres cuartas partes de la zona amortiguadora que rodea el parque nacional Pico Bonito (un área típica de las pendientes de la región) la inclinación supera el 30% y en las de una cuarta parte de esa área sobrepasa el 75% (Rodríguez Torres 1992). Muchas de estas pendientes son muy inestables, lo cual comúnmente origina derrumbes de tierra localizados en los períodos de lluvias intensas. Los bosques subtropicales muy húmedos caracterizan la vegetación primaria de la zona de laderas, pero gran parte de ellos han sido sustituidos por cultivos, pastos naturales y vegetación secundaria. El alto riesgo de erosión creado por las pendientes empinadas y la elevada precipitación es la limitación más importante de la agricultura en las laderas del norte de Honduras (Mikhailova 1995).

Cuadro 1. Rangos típicos de algunas propiedades del suelo en cuatro sitios de las laderas del norte de Honduras.

Propiedad	Profundidad (cm)	San Francisco de Saco	Las Mangas	Río Cuero	Piedras Amarillas
C orgánico (%)	0–10	2.1–2.7	2.4–3.2	2.4–3.2	2.6–3.4
N orgánico (%)	0–10	0.20–0.28	0.24–0.32	0.25–0.33	0.27–0.35
pH del agua	0–10	5.7–6.3	6.0–6.8	5.6–6.4	5.8–6.5
	30–60	5.6–6.0	6.0–6.8	5.3–5.9	5.2–6.1
Ca y Mg interc. (cmol[+] kg-1)	0–10	8–18	20–30	6–14	10–18
	30–60	10–22	20–30	3–8	7–17
P disponible (Morgan) (ppm)	0–10	0–4	4–10	0–3	0–3
Arena (%)	0–10	40–55	30–50	40–60	NA
Arcilla (%)	0–10	15–30	20–35	15–25	NA
Arcilla (%)	30–60	20–40	25–40	20–30	NA
Profundidad típica del suelo (cm)a	—	>80	>80	60	60–80

Fuente: Triomphe (1996).
Nota: Interc., intercambiables; ND, no disponibles.
[a] Ningún obstáculo (físico o químico) para la colonización por las raíces hasta esta profundidad.

La zona montañosa en general no es apta para la agricultura porque tiene pendientes muy empinadas y suelos delgados no desarrollados (PDBL 1991, 1994; Labelle et al. 1990). Las rocas ígneas duras empujadas hasta la superficie durante el período terciario han evolucionado para convertirse en ultisoles, cuyo estrato superior normalmente tiene menos de 40 cm de espesor. En gran parte de la zona la inclinación de las pendientes supera el 50% (en algunas sobrepasa el 100%), lo cual origina un gran riesgo de erosión una vez que se elimina la cubierta boscosa. El bosque de montaña subtropical muy húmedo es el tipo de vegetación primaria a los 800–1 800 m snm y en las altitudes superiores predomina el bosque de nubes (PDBL 1991). Ambos tipos de bosques en la zona montañosa están sometidos a una creciente presión por parte de los taladores, los ganaderos y los agricultores que usan cultivos itinerantes, quienes emigran a esta región.

Los pastos naturales y cultivados representan el 50% de la superficie agrícola en Atlántida (Cuadro 2). Los cultivos permanentes, como las plantaciones de palmas africanas y pinas, constituyen un porcentaje mucho menor de la superficie agrícola total, pero se producen en terrenos que incluyen las mejores tierras agrícolas de la llanura del litoral. El maíz, los frijoles y el arroz son los cultivos anuales más importantes, concentrados principalmente en la zona de

Cuadro 2. Usos de la tierra en el departamento de Atlántida, Honduras, 1993.

	Superficie (%)	Superficie (ha)
Superficie total del departamento	—	425120
Superficie agrícola total	—	162 494
Cultivos anuales	11	17 812
Cultivos permanentes	15	23 915
Pastizales cultivados	33	54 363
Pastizales naturales	17	27111
Tierra en barbecho	17	27 855
Bosques en tincas	5	8 543
Otros usos en las fincas	2	2 895

Fuente: SECPLAN (1994).

laderas. Los bosques de hoja ancha, concentrados principalmente en los cerros elevados y las pendientes de las montañas de la cordillera Nombre de Dios, todavía cubren tal vez hasta el 60% de la superficie del departamento. Sin embargo, se estima que la tasa de destrucción de los bosques de hoja ancha en Honduras es de 46 000 ha al año, una tasa de deforestación que pronto arrasará con todos los remanentes importantes de este tipo de bosques (Silviagro 1994; Kaimowitz 1996; Sunderlain y Rodríguez 1996).

En síntesis, las laderas del norte de Honduras tienen al menos dos de los principales ingredientes de una agricultura en pequeña escala en potencia provechosa: suelos relativamente buenos y un clima favorable. El patrón de lluvias permite completar dos ciclos de cultivo de temporal al año y producir diversos cultivos perennes, como el cacao, el café, la palma africana, citrus y una amplia gama de árboles frutales (PDBL 1991). Además, por lo general es posible mantener los pastos verdes y en crecimiento durante todo el año. El riesgo de una pérdida total de las cosechas a causa de la falta de lluvias es pequeño, aun durante la temporada postrera, lo cual contrasta definitivamente con la situación de las regiones mucho más secas de Honduras.

El carácter estacional de los precios del maíz

La distribución de la precipitación en la zona norte del litoral de Honduras es considerablemente distinta de la observada en el resto del país (Figura 7). La convergencia de vientos del sur y del este provenientes de la zona intertropical

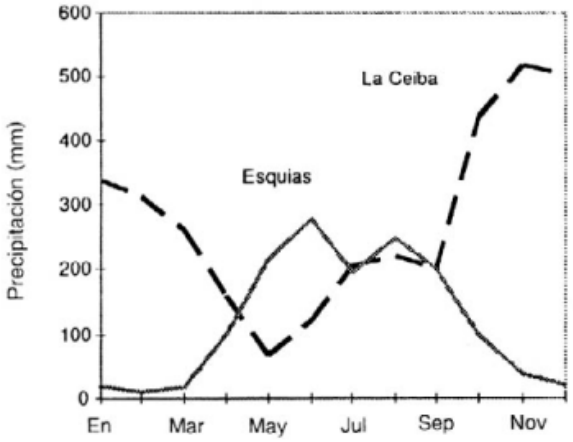

Figura 7. Precipitación mensual media en La Ceiba, Atlántida, y Esquías, Comayagua, 1980–1989. Fuente: Zúñiga Andrade (1990). Nota: El patrón de la precipitación en Esquías es común en la zona central de Honduras.

genera y mantiene un período lluvioso desde mediados de mayo a mediados de octubre en la mayor parte del país, pero ese período tiene lluvias de menor intensidad y comienza más tarde en el litoral norte. Los vientos fríos y las masas de aire polar originadas en la parte septentrional del hemisferio aumentan las precipitaciones en el litoral norte desde octubre a enero, mientras que producen una brusca reducción de las precipitaciones en la costa del Pacífico y en el sur y el interior del país. Los cielos despejados y el clima seco y muy cálido prevalecen en la mayor parte del país a medida que disminuye la influencia meteorológica del hemisferio norte, pero las precipitaciones en la costa norte se prolongan a causa de las ocasionales tormentas tropicales y huracanes. En consecuencia, las regiones del interior y del sur sufren prolongados períodos de sequía, mientras que en la mayor parte del año hay algunas lluvias en el norte de Honduras.

Las diferencias climáticas regionales tienen importantes repercusiones en la producción agrícola nacional. El litoral norte es una de las tres regiones de Honduras, donde el patrón de precipitación mensual permite a los agricultores tener dos ciclos de cultivo al año. En la mayor parte del resto del país, la producción de maíz está limitada a la primera temporada.

El predominio de la producción de maíz de primera provoca fuertes fluctuaciones estacionales en los precios nacionales y regionales del maíz. Alrededor del 80% de la producción anual total de maíz a nivel nacional corresponde a la primera temporada, lo cual origina una depresión de los precios del maíz durante los tres meses de cosecha (octubre-diciembre). Para enero, la oferta nacional de maíz se reduce y los precios del cereal comienzan a elevarse; los precios continúan ascendiendo hasta el comienzo de la cosecha de la temporada postrera (marzo-abril). Los precios caen nuevamente cuando la oferta de maíz de postrera entra en el mercado, pero, como el volumen total es relativamente bajo, los precios del maíz se mantienen por encima del promedio anual. En junio, los precios comienzan a aumentar nuevamente y se repite el ciclo estacional de los precios (Figura 8). La amplitud de la fluctuación de los precios entre la cosecha de la temporada postrera (+5%) y la de la primera (-15%) es grande, lo cual da a los agricultores un fuerte incentivo para sembrar maíz de postrera. (Una ventaja más de la postrera sobre la primera es que la cosecha se produce durante un periodo seco, cuando las mazorcas están relativamente exentas de enfermedades.)

Antes de 1980, el cultivo del maíz de postrera en el norte de Honduras no estaba muy difundido porque el maíz de primera satisfacía la demanda regional y porque los agricultores estaban relativamente aislados del mercado nacional de maíz. Las mejoras en las redes de transporte facilitaron una modificación de los patrones de producción, pero el cultivo de postrera alcanzó al maíz de primera como proporción de la superficie total y la producción de maíz sólo cuando se difundió el empleo del sistema de abonera. En el Capítulo 6 se analiza la conexión entre la difusión del sistema de abonera y los aumentos regionales en la producción de maíz de postrera.

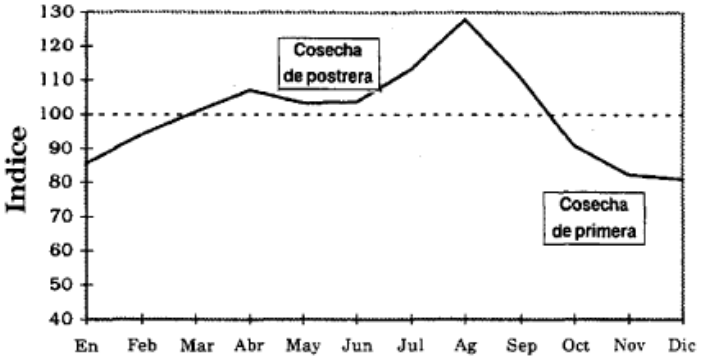

Figura 8. Patrón estacional de los precios del maíz a nivel de mayorista, 1970–1991, Honduras. Fuente: Sain et al. (1994).

La disponibilidad de tierras en laderas

La extremada desigualdad en la distribución de las tierras agrícolas es una característica esencial y persistente del campo hondureño (Gálvez et al. 1990; Rubén 1991; Pino et al. 1992; Stonich 1992; Walker 1993). Las nuevas industrias de agroexportaciones de los años 50 y 60 (ganado, algodón, camarones) fueron acompañadas de una concentración de la tenencia de la tierra en los fértiles valles y llanuras del litoral de Honduras y de una declinación del empleo rural (del Cid 1976; White 1977; Posas 1980; Howard-Borjas 1989; Ponce Cambar 1990; Thorpe 1991; Stonich 1992). El lento crecimiento industrial urbano no pudo absorber la población desplazada y la gente emigró hacia la frontera agrícola, los tugurios urbanos y otros países (Brockett 1990; DeWalt et al. 1993).

La disponibilidad de tierras en el norte de Honduras atrajo a las poblaciones desplazadas, lo cual contribuyó a reducir la intranquilidad social en comparación con la existente en otros países de Centroamérica donde también hay notables desigualdades en la distribución de la tierra. Como resultado de la emigración, la población del norte de Honduras creció según una tasa anual de 4.2% entre 1970 y 1990 (la nación en general tuvo una tasa de crecimiento anual de 3.4% durante este mismo período). En esta época, la densidad demográfica en el norte de Honduras ascendió de 35 habitantes km^{-2} a 57 km^{-2}. El departamento de Atlántida actualmente tiene una población de alrededor de 243 000 habitantes y muchos de ellos vinieron de algún otro lugar.

Los tolupanos (un pueblo indígena) originalmente vivían a lo largo de la costa y en las montañas del norte de Honduras, pero ahora se reducen a unas cuantas comunidades en el departamento vecino de Yoro (Spahni 1982). Los indígenas moskitos viven más al este, en el departamento de Gracias a Dios. Una pequeña población *garifuna* (descendientes de esclavos prófugos) habita aldeas pesqueras a lo largo de la costa.

Los nuevos emigrantes al norte de Honduras encontraron pocas oportunidades en la fértil llanura del litoral. A comienzos de este siglo, el gobierno hondureño otorgó grandes concesiones de tierras a la United Fruit Company y los predecesores de la Standard Fruit Company; a cambio, las empresas iban a construir líneas ferroviarias en la región (Ellis 1983). Las empresas establecieron grandes plantaciones de bananas y extrajeron inmensas cantidades de maderas preciosas, pero sólo completaron una de las varias líneas ferroviarias que se suponía que iban a construir. En años posteriores, partes de esos terrenos fueron vendidas a ciudadanos hondureños y familias de militares convertidos en ganaderos y propietarios de plantaciones (Euraque 1993). Las reformas agrarias de los años 70 crearon una serie de colectividades campesinas a partir de tierras no explotadas y lejanas de las transnacionales, pero no alteraron considerablemente la estructura agraria de la región (Rubén y Fúnez 1993).

La demanda de mano de obra en la explotación de las plantaciones y la cría de ganado era y sigue siendo baja, lo cual limita las oportunidades de empleo de los trabajadores sin tierras. Las transnacionales habían reducido drásticamente su fuerza de trabajo mediante la mecanización después de una huelga importante en 1954 (Ellis 1983) y las prácticas de cría de ganado en grandes extensiones, comunes en la zona, empleaban a pocos trabajadores. En los últimos años, el desarrollo de la capacidad regional de procesar leche y productos lácteos para los mercados nacional e internacional ha estimulado el empleo rural (Humphries, en prensa), pero éste ha sido insignificante en comparación con la

gran cantidad de recién llegados.

El crecimiento urbano ha sido muy rápido y ha provocado una gran concentración de habitantes en las ciudades (60% de población urbana en el departamento de Atlántida, 40% en el país; Banco Mundial 1993). El crecimiento urbano obedece principalmente a la importancia de La Ceiba, por su tamaño la tercera ciudad de Honduras. La Ceiba figura en forma destacada en la historia agrícola del país, pero en los últimos decenios ha sido eclipsada por el centro industrial de San Pedro Sula y el puerto de Cortés, ambos en el departamento vecino de Cortés. El desarrollo industrial en La Ceiba ha sido limitado, a pesar del establecimiento de una zona de libre comercio dentro de los límites de la ciudad, donde se han abierto algunas fábricas textiles. Las villas miseria han surgido alrededor de la ciudad y sirven como sitio de estancia temporal para las familias emigrantes en busca de tierra o empleo.

La concentración de la tenencia de la tierra en la llanura del litoral y los bajos niveles de empleo generados por los usos de la tierra y la actividad industrial en la región han forzado a la mayoría de los recién llegados al norte de Honduras a establecerse en las laderas y las estribaciones más altas de la cordillera Nombre de Dios. Hasta fines de los años 60, las tierras en pendiente de la región estaban virtualmente desocupadas y podían ser reclamadas simplemente desmontando la cubierta boscosa y registrando la propiedad ante las autoridades municipales. La mayor parte de las tierras boscosas de Honduras son propiedad del estado y están sujetas al usufructo *(dominio útil)* o los derechos de propiedad de los ocupantes. Si bien los derechos de los ocupantes son menos flexibles que los títulos de propiedad, los campesinos sin tierra pueden transformar su trabajo en derechos de propiedad sobre los terrenos del estado al desmontarlos para el cultivo. Alrededor del 80% de los propietarios de tierras de Honduras se basan en los derechos de ocupantes de las tierras que ocupan y usan (SEDA 1993).

Cuadro 3. Razones de los agricultores para abandonar su lugar de origen, norte de Honduras, 1992.

Razón	Familias (%)	Familias (*n*)
Ningún acceso a tierras	45	47
Degradación de la tierra	24	25
Emigración de los padres	14	14
Conflictos personales	9	9
Guerra con El Salvador	8	8

Fuente: Encuesta de los autores, 1992.

Las laderas del norte de Honduras fueron pobladas principalmente durante los años 70 y comienzos de los 80 y ahora tienen una población bastante estable, que vive en unos 110 pequeños pueblos y aldeas entre Tela y Jutiapa (véase la Figura 1). Los datos de encuestas entre los agricultores indican que más de tres cuartas partes de las familias de las laderas emigraron a la región desde otras partes del país. Sin embargo, la mayoría de ellas indicaron que habían estado viviendo en la misma aldea de las laderas por más de 15 años. En contraste, las estribaciones más altas de Nombre de Dios, generalmente no aptas para la agricultura, continúan siendo una frontera activa. Casi la mitad de las familias entrevistadas por Humphries (en prensa) en tres aldeas de la montaña habían llegado allí en los cinco años anteriores.

Las razones de los agricultores para abandonar sus comunidades de origen están abrumadoramente relacionadas con la degradación de las tierras y la falta de acceso a éstas (Cuadro 3). Casi la mitad de los agricultores entrevistados en 1992 señalaron que abandonaron sus comunidades de origen porque no tenían tierras propias o éstas no eran suficientes, y una cuarta parte de ellos mencionó la declinación de la calidad de las tierras como razón para emigrar. Humphries (en prensa) también encontró que la degradación de la tierra — percibida por los agricultores en términos de una reducción de los rendimientos y un aumento de la aridez — era un motivo para la emigración mencionado con frecuencia. En su estudio, al igual que en el nuestro, la guerra de Honduras con El Salvador en 1969 fue señalada por algunos agricultores como razón para huir de las comunidades de la frontera oeste.

Si bien la colonización de las laderas es relativamente reciente, la distribución de las tierras ya está moderadamente concentrada (Cuadro 4). Los datos de encuestas en fincas indican que sólo el 17% de los propietarios de tierras tenían fincas de más de 20 ha, pero esos propietarios poseían el 58% de las tierras

Cuadro 4. Distribución de la tierra en la zona de laderas y en el departamento de Atlántida, Honduras, 1992 y 1993.

	Encuesta en las laderas, 1992		Censo agrícola nacional, departamento de Atlántida, 1993	
Tamaño del predio (ha)	% de propietarios	Tierra poseída %	%de propietarios (%)	Tierra poseída (%)
0.1–2.0	17.5	1.3	41.0	2.7
2.1–5.0	28.9	8.6	20.4	5.0
5.1–10.0	17.5	10.4	11.8	6.5
10.1–20.0	18.6	22.2	10.1	11.0
>20.0	17.5	57.6	16.7	74.8

Fuente: Encuesta de los autores, 1992; SECPLAN (1994).

en la zona de las laderas. La mayoría eran ganaderos (véase el Capítulo 3). En contraste, el 46% de los propietarios de tierras poseían sólo el 10% de la totalidad de tierras, en propiedades de menos de 5 ha. Los datos de un censo agrícola en el departamento de Atlántida (SECPLAN 1994)

revelan un grado aun mayor de concentración de la tierra en toda la región: casi tres cuartas partes de las tierras pertenecen a alrededor del 17% de los propietarios de tierras, en fincas de 20 ha o más. Esto refleja un grado más alto de concentración de la tierra en las tierras bajas más fértiles, en comparación con las laderas.

La concentración de la tenencia de la tierra es una limitación importante pero no absoluta del acceso a tierras en las laderas para la agricultura. Aproximadamente 21% de las familias campesinas entrevistadas en la zona de las laderas no tenían tierra pero se dedicaban a la agricultura. Estas familias usaban las tierras de otros a cambio de dinero, trabajo o una participación en la cosecha. Humphries (en prensa) señaló que los primeros colonizadores de las laderas reclamaron propiedades más grandes que las que inicialmente necesitaban con vistas a contar con algunas tierras para los miembros de la familia. Esto ha originado una forma de tenencia de la tierra de la familia extendida, que se basa en relaciones de interdependencia entre los propietarios de más edad, que necesitan apoyo en su vejez, y los hijos y yernos sin tierra, más jóvenes, que esperan heredar las tierras.

En el norte de Honduras, también está bien desarrollado un mercado de arrendamiento de tierras más estructurado, creado en parte por las prácticas de manejo de los pastizales. Los propietarios de tierras en mediana y gran escala arriendan sus tierras en descanso a pequeños agricultores sin tierra, que desmontan el terreno para los cultivos anuales. Después de unos cuantos ciclos, la tierra es transformada por los agricultores o los propietarios en pastizales para apacentar el ganado, proceso documentado en toda América Central (DeWalt y DeWalt 1984; Leonard 1987; Brockett 1990; Stonich 1992; Kaimowitz 1995).

Sin embargo, en el norte de Honduras la conversión de las tierras de cultivo en pastizales no es permanente. El mantenimiento de pastizales permanentes, teniendo en cuenta la precipitación en extremo elevada, el pastoreo extensivo y el pastoreo excesivo estacional, que son típicos de las laderas, es muy costoso y esto lleva a los ganaderos a dejar que sus pastizales gradualmente vuelvan a convertirse en tierras en descanso, las cuales nuevamente son rentadas a los agricultores, quienes restablecen los pastizales para los ganaderos. En consecuencia, por medio de los mercados de arrendamiento de tierras, el movimiento de éstas es bastante constante desde el descanso a los cultivos, a los pastizales y nuevamente al descanso. Los terratenientes que poseen grandes extensiones se benefician con los bajos costos del establecimiento de pastizales gracias a estos arreglos, y los agricultores que poseen pocas tierras se benefician con el acceso a ellas. Tres cuartas partes de todas las familias entrevistadas en 1992 arrendaban parte de la tierra que trabajaban, por lo general más o menos 1 ha para el maíz y otros cultivos anuales. (Pocas familias señalaron que arrendaban pastizales en el momento de la encuesta, si bien las entrevistas informales indicaron que la práctica era común entre los ganaderos en gran escala. Como resultado, la importancia que tienen para los ganaderos los mercados de arrendamiento de tierras como forma de tener acceso a pastizales probablemente esté considerablemente subestimada. Esta deficiencia de los datos de la encuesta también introduce un sesgo en las estimaciones del tamaño total de las fincas de los ganaderos. No obstante, sostenemos que datos más completos no modificarían los patrones generales identificados).

En síntesis, la disponibilidad de tierra en las laderas ha permitido a las familias campesinas desplazadas de otras regiones establecerse en fincas propias, una opción que no tenían en la llanura del litoral. La disponibilidad de tierras en las laderas mediante la propiedad o los mercados de arrendamiento de tierras permite a los agricultores usar patrones de cultivo relativamente extensivos, como los cultivos itinerantes.

Los cultivos itinerantes en el norte de Honduras

El maíz, los frijoles y el arroz de tierras altas son los cultivos anuales más importantes producidos en las laderas del norte de Honduras, donde ocupan el 92% de la superficie cultivada (Cuadro 5). Se puede cultivar maíz en la primera o la postrera y los frijoles pueden ser cultivados tres veces al año (febrero, junio

Cuadro 5. Los cultivos como proporción de la superficie cultivada total en la zona de laderas, según el ciclo de cultivo, 1991–1992.

Cultivo	% de la superficie cultivada, ciclo de primera	% de la superficie cultivada, ciclo de postrera	% de la superficie cultivada total
Maíz	64	85	74
Frijoles	17	4	11
Arroz	13	—	7
arosa	6	11	8

Fuente: Encuesta de los autores, 1992.

[a] Yuca, chiles y tomates (ciclo de primera), y plátanos de cocinar y cultivos arbóreos (ciclo de postrera).

y octubre). El arroz de tierras altas, a causa de sus necesidades de humedad, sólo puede ser cultivado durante la primera temporada. La yuca, el plátano de cocinar, el cacao, el café y diversos cítricos también son cultivados por la mayoría de los agricultores de las laderas en pequeñas cantidades, comúnmente en el huerto familiar. Unos cuantos agricultores también producen chiles o tomates.

Tradicionalmente, el maíz y otros cultivos anuales son producidos usando las técnicas de cultivo itinerante características de las zonas tropicales húmedas (Weischer y Caviedes 1993). Los árboles y otra vegetación de barbecho son cortados y quemados con el fin de preparar la tierra para un breve período de cultivo con cultivos anuales (de uno a tres ciclos), seguido de un período prolongado de descanso (desde 5 a 20 años). Los principales implementos agrícolas son el machete, el hacha, la azada y el chuzo.

Los patrones de cultivo normalmente comienzan con el maíz de primera. Los agricultores preparan la tierra entre marzo y mayo, conforme a la cantidad y el tipo de tierra que se limpiará. Cortan la vegetación de barbecho baja a mano, usando machetes, pero necesitan un hacha para cortar los árboles más grandes. Una vez que la vegetación está completamente seca, los agricultores la queman en el lugar, con lo cual no sólo se limpia el campo para la siembra sino que también se logra que las cenizas permanezcan en el suelo para fertilizarlo. También se supone que la

quema disminuye el riesgo de plagas, como las ratas, y las enfermedades del maíz. Sin embargo, el suelo queda expuesto a los efectos erosivos de la lluvia, por lo menos hasta que el cultivo desarrolla una cubierta protectora de follaje.

Los agricultores de las laderas del norte de Honduras no labran la tierra antes de sembrar el maíz u otros cultivos. La mayoría de los agricultores incluidos en la encuesta de 1992 limitaban la preparación de la tierra para el maíz de primera a las operaciones de limpieza y quema, si bien una cuarta parte de ellos también aplicaban un herbicida de contacto (2–4D o paraquat) en sus parcelas para combatir las malezas antes de la siembra.

La fecha de siembra de todos los cultivos de primera depende del inicio de las primeras lluvias, las cuales por lo general están bien establecidas para comienzos de junio. Los agricultores usan chuzos para abrir hoyos en el suelo y colocan en ellos de tres a cinco semillas de maíz, con densidades que oscilan entre 30000 y 44 000 semillas ha^{-1}. Como se analiza en el Capítulo 5, la densidad de población en la cosecha es mucho más baja. Más de dos terceras partes de los agricultores incluidos en la encuesta usaban variedades locales de maíz (Olotillo, Tusa Morada); el resto señaló que empleaba variedades de polinización libre lanzadas por el sistema nacional de investigación agrícola. Los agricultores no renuevan con regularidad la semilla de las variedades mejoradas y, como resultado, éstas están expuestas a la introgresión por variedades locales. Hasta el momento, el maíz híbrido es prácticamente desconocido en la producción del cereal en las laderas (Sain y Matute Ortiz 1992).

Se efectúa la desyerba en el maíz dos veces, la primera por lo general manualmente unos 30–35 días después de la siembra, y la segunda con herbicidas a los 40–45 días después de la siembra. El paraquat y 2–4D son los herbicidas usados más comúnmente, aplicados con rociadores de mochila. Si bien los herbicidas son comunes, la mayoría de los agricultores (el 71% de los entrevistados) no usan fertilizantes en el maíz de primera. Cuando se aplica fertilizante, las tasas de aplicación son muy bajas (20–50 kg de N ha^{-1}). El costo de los fertilizantes comerciales y el alto riesgo de producción asociado con la temporada primera son las razones más frecuentemente señaladas para no usar este insumo.

Conforme a la práctica de los agricultores, las plantas de maíz de primera son dobladas en un punto por debajo de la mazorca después de que alcanzan la madurez fisiológica, con el fin de facilitar el secado de las mazorcas en el campo antes de la cosecha y de proteger las plantas del daño causado por los pájaros. Se recogen las mazorcas una vez que se han secado. Debido a la alta incidencia de la pudrición de la mazorca, los rendimientos del maíz de primera en las laderas del norte de Honduras son generalmente bajos, 2.2 t ha^{-1}, en comparación con el promedio nacional, 1.5 t ha^{-1}.

Si bien el cultivo del maíz en la mayor parte de Honduras se limita a la temporada principal de lluvias, las condiciones climáticas en el norte del país permiten un segundo ciclo de maíz en la postrera. Las prácticas de cultivo del maíz difieren en varios aspectos fundamentales en las temporadas primera y postrera. Los agricultores no queman el campo antes de sembrar el maíz de postrera, sino que dejan los residuos del cultivo cortado y las malezas del ciclo anterior en el campo. La roza no interfiere considerablemente con la siembra y ayuda a conservar la humedad del suelo durante el período relativamente seco que va desde febrero a abril. La preparación de la tierra habitualmente se inicia en noviembre y la mayoría de los campos son sembrados en diciembre o a comienzos de enero.

Alrededor del 44% de los agricultores incluidos en las encuestas aplicaban pequeñas cantidades de fertilizantes nitrogenados al maíz de postrera. Usar fertilizantes es menos arriesgado en esta temporada que en la primera y, en potencia, es más rentable. Sin embargo, pocos agricultores aplican fertilizantes en las aboneras, ya que piensan que es innecesario; esta cuestión se analiza con más detalle en el capítulo siguiente.

El maíz de postrera alcanza la madurez fisiológica entre marzo y junio. La operación de doblado no es necesaria durante la postrera porque las mazorcas se secan si permanecen erguidas bajo el sol de invierno. Como es un período relativamente seco, las pérdidas de rendimiento provocadas por la pudrición de la mazorca son mínimas durante la postrera. La presión de las malezas también es menos severa como resultado de la menor precipitación total. No obstante, en la mayoría de los años la precipitación durante la postrera es suficiente para complementar el agua almacenada y evitar la sequía. Como resultado de estas condiciones favorables, son comunes los rendimientos de maíz de 1.5—2.0 t ha^{-1} y los costos de mano de obra son considerablemente más bajos.

El maíz de postrera tiene más éxito que el maíz de primera principalmente a causa de la menor incidencia de la pudrición de la mazorca (que los agricultores hondureños llaman “maíz muerto”), provocada por *Stenocarpella mayis, S. macrospora y Fusarium moniliforme.* Estas enfermedades por hongos son transmitidas desde los residuos de cultivos y otras fuentes del inóculo a las plantas debilitadas por la nutrición deficiente, el daño causado por insectos y factores abióticos desfavorables. Las plantas de maíz también son vulnerables a la rápida propagación de *Stenocarpella* spp. mediante las salpicaduras del agua de lluvia durante las etapas de la floración y el llenado de granos. Las condiciones para la propagación de la pudrición de la mazorca son más favorables durante la temporada primera, cuando la planta de maíz pasa por las etapas vulnerables en el momento culminante de la temporada de lluvias. En contraste, el maíz de postrera alcanza la madurez fisiológica durante un periodo relativamente seco entre abril y mayo. Virtualmente no existen pérdidas de rendimiento en la postrera causadas por la pudrición de la mazorca.

El maíz se siembra por lo general como cultivo único, si bien puede ser seguido como relevo por los frijoles. En la zona de las laderas, se pueden sembrar frijoles tres veces al año (febrero, mayo y octubre). Humphries (en prensa) observó que los agricultores tienden a escoger mayo para el ciclo principal del frijol a causa de los rendimientos más altos, tendencia que fue confirmada por los datos de nuestra encuesta. Los frijoles enanos son las variedades más comunes, normalmente sembradas como cultivos únicos o como relevo del maíz. Como en muchas otras partes de Centroamérica, las variedades enanas han desplazado a los frijoles trepadores característicos de los sistemas agrícolas basados en el maíz.

Los frijoles por lo general se cultivan en laderas muy empinadas para facilitar el drenaje rápido, especialmente durante la temporada primera. El riesgo de la telaraña — una enfermedad común del frijol en Centroamérica causada por el exceso de humedad — se reduce de esta forma, así como mediante la quema de todos los residuos del cultivo y las malezas durante la preparación de la tierra. No obstante, aumenta considerablemente el riesgo de erosión del suelo, problema que Humphries (en prensa) considera la amenaza más grave para una producción sustentable del frijol en la región. Los rendimientos de frijol varían de unos 800 a 1000 kg ha^{-1}, que son utilidades razonables considerando el nivel de la tecnología (Matute Ortiz 1992).

A causa de la necesidad de humedad, el arroz de tierras altas está limitado a la temporada primera y comúnmente se siembra en terrenos más planos, con buena capacidad para retener la humedad. También se prefiere para el arroz la tierra recientemente desbrozada después del descanso, con el fin de asegurar grados más altos de fertilidad del suelo. Sin embargo, se siembran parcelas pequeñas, en parte por las limitaciones del acceso a sitios apropiados y también por la competencia en cuanto a la mano de obra; el cultivo del arroz en la zona de laderas compite por mano de obra con el maíz de primera y los frijoles durante la siembra y la cosecha (Humphries, en prensa). El arroz de la zona de laderas es un cultivo para autoconsumo, de bajo rendimiento; no obstante, en la llanura del litoral grandes cooperativas y productores particulares cultivan el arroz en gran escala.

Como en todos los sistemas basados en el barbecho, la clave del cultivo itinerante sustentable en el norte de Honduras es la relación entre los períodos de cultivo y los de descanso. El cultivo continuo de la misma parcela lleva a una rápida declinación de los rendimientos y al simultáneo incremento de las malezas, que son las razones generales para cambiar a otra parcela (Nye y Greenland 1960; Weischet y Cabiedes 1993). Los agricultores del norte de Honduras informan que, después de sólo dos o tres ciclos de cultivo, los rendimientos de maíz disminuyen a menos de 800 kg ha^{-1} y se duplica el tiempo necesario para desyerbar una determinada parcela. La declinación de los rendimientos parece ser la razón más importante para abandonar un campo, resultado que concuerda con los de estudios en otras regiones con patrones similares de usos de la tierra (Stuart 1978; Chevalier y Buckles 1995). Si bien los costos más altos de la desyerba son importantes, se los considera manejables si los rendimientos alcanzan niveles aceptables.

Sin insumos extemos, se requieren períodos prolongados de descanso para restablecer el potencial agrícola agotado por el cultivo. Los agricultores del norte de Honduras distinguen dos etapas importantes del descanso, de las cuales sólo una es considerada adecuada para el cultivo. Un campo abandonado a la recuperación natural es llamado *guatal* en los tres primeros años. Durante esta etapa, la vegetación está constituida por gramíneas *(zacates)* y especies arbóreas (monte) en proporciones aproximadamente iguales. El guatal es relativamente fácil de desbrozar, pero se produce poco abono al quemar la vegetación. Además, las malas hierbas abundan y se desarrollan con rapidez en el campo desbrozado, lo cual aumenta los costos de desyerba. Por consiguiente, se evita el cultivo en guatales.

Después de unos cinco años, si permanece sin cultivar, el guatal se convierte en un *guamil*, un terreno en barbecho donde hay principalmente especies arbóreas leñosas. Desmontar un guamil toma más tiempo a causa de la abundancia de árboles, pero el campo está “bien descansado” y, por consiguiente, es más apto para el cultivo. Las cenizas de un guamil fertilizarán los cultivos durante un ciclo o dos y, al principio, el campo estará relativamente exento de malas hierbas. Sin embargo, el guamil no puede sostener la producción más allá de cuatro ciclos.

La creciente densidad demográfica y la mejor infraestructura han llevado a una forma relativamente intensiva de cultivo itinerante caracterizada por el manejo de una serie de campos en barbecho que nunca vuelven a convertirse en bosques. Humphries (en prensa) encontró que en las comunidades establecidas de la montaña los agricultores comúnmente rotan los campos en descanso, en lugar de obtener tierras nuevas desmontando el bosque maduro, porque los costos de mano de obra de esta última estrategia son prohibitivos y las tierras de los bosques no presentan ventajas particulares con respecto a los guamiles. Stuart (1978) descubrió un patrón similar entre los nahuas del sur de Veracruz, aun cuando las presiones por la tierra eran moderadas. Los agricultores manejan los campos en barbecho como “futuros campos de maíz,” a los cuales regresarán. Esta forma de cultivo itinerante, también mencionada por Morgan (1969) como un sistema de rotación con descanso arbustivo, no es necesariamente un consumidor voraz del bosque de lluvia maduro. En lo que resta de este libro, usaremos el término “sistema de descanso arbustivo” para referirnos a las prácticas de cultivo itinerante del norte de Honduras.

Si bien son preferibles períodos de cultivo de tres a cuatro ciclos y períodos de descanso de 5–10 años, los patrones de cultivo en el norte de Honduras varían considerablemente alrededor de esta norma. Los datos de la encuesta indican que los períodos de cultivo, incluyendo los del maíz y otros cultivos anuales como los frijoles, abarcaban desde un solo ciclo hasta siete ciclos, con un promedio de unos tres. Los períodos de cultivo de un solo ciclo eran frecuentes. Los períodos de descanso antes de limpiar la tierra para el cultivo fluctuaban entre uno y 15 años. El promedio era de 4.2 años, ligeramente inferior al período mínimo requerido para establecer un guamil (cinco años). Si bien estas mediciones eran muy variables, indican que las rotaciones con descanso arbustivo en el norte de Honduras son en promedio tan intensivas como pueden serlo dentro de los parámetros del cultivo itinerante. Es probable que una mayor intensificación provoque reducciones de los rendimientos y, posiblemente, degradación de la tierra.

En síntesis, el cultivo itinerante en el norte de Honduras se caracteriza por los rendimientos relativamente bajos del maíz, los frijoles, el arroz y otros cultivos anuales. Las posibilidades de una mayor intensificación mediante cultivos más frecuentes son muy limitadas y esa intensificación probablemente socavaría la sostenibilidad del sistema. Aun con los patrones de cultivo actuales, el riesgo de erosión del suelo, que es muy alto a causa de la precipitación intensa y las pendientes empinadas, amenaza la productividad futura de la tierra.

Conclusiones

Las condiciones en las que se desarrolló y difundió el sistema de abonera en el norte de Honduras son muy favorables. La precipitación elevada en una distribución bimodal apoya una temporada larga de cultivo, durante la cual se pueden desarrollar en forma secuencial por los menos dos cultivos. Los agricultores pueden sembrar frijol terciopelo durante la primera, seguido de un cultivo con valor económico (como el maíz) durante la postrera, sin riesgo de competencia por el agua. El frijol terciopelo se establece con rapidez en los suelos relativamente fértiles y produce grandes cantidades de biomasa.

En otras partes de Honduras, las condiciones climáticas menos favorables no sólo limitan rotaciones anuales como las del sistema de abonera sino también crean fluctuaciones estacionales en la oferta y los precios del maíz. El maíz de postrera cultivado en el norte de Honduras puede alcanzar un precio mucho más alto como resultado de esa estacionalidad, lo cual aumenta la rentabilidad del sistema de abonera.

La disponibilidad de tierras en las laderas, ya sea mediante la tenencia directa de la tierra o por medio de los mercados de arrendamiento poco costoso de la tierra, permite a los agricultores emplear sistemas de uso relativamente extensivo de la tierra, como la rotación con descanso arbustivo y con frijol terciopelo como barbecho. Los agricultores del norte de Honduras por lo general tienen acceso a la tierra necesaria para producir cultivos con valor económico en el ciclo de primera, cuando se está desarrollando el frijol terciopelo.

Por último, el sistema de abonera fue desarrollado en Honduras cuando la productividad agrícola era baja y, posiblemente, se reducía. Si

bien el cultivo itinerante en las laderas a menudo representa un uso eficaz de la mano de obra, genera una producción bastante baja por unidad de tierra; además, el cultivo abierto presenta numerosos riesgos de erosión. La declinante fertilidad del suelo y la invasión por maleza son problemas comunes que surgen como resultado de la intensificación de los sistemas de descanso arbustivo, un escenario que sin duda afrontan los productores de las laderas del norte de Honduras. El sistema de abonera, con su potencial de rendimiento relativamente alto y su densa cobertura del suelo, era una alternativa muy atractiva para producir maíz — el cultivo alimentario básico — en las tierras de las laderas. Los agricultores de la zona pronto notaron esta innovación y se apropiaron de ella.

CAPÍTULO 3

LA TIERRA, LA MANO DE OBRA Y LOS MEDIOS DE SUSTENTO

Las múltiples ocupaciones de las familias campesinas

La disponibilidad de tierras en el norte de Honduras atrajo a las familias hacia las laderas e inicialmente permitió a los colonizadores establecer sus fincas. No obstante, subsiste el hecho de que la mayoría de las familias no pueden dedicar todo su tiempo productivo a la agricultura. Alrededor del 69% de todas las familias de las laderas entrevistadas contaban en parte con los ingresos fuera de la finca obtenidos por al menos uno de los miembros de la familia. Casi la mitad de los varones trabajaban de tiempo parcial o completo como jornaleros, pequeños comerciantes, leñadores, obreros o trabajadores estacionales en la construcción.

Los jornaleros son empleados por otras familias campesinas para ayudar en la preparación de la tierra y en la siembra, la desyerba y la cosecha de los cultivos anuales. Los ganaderos emplean jornaleros para establecer y manejar los pastos. Otras formas de trabajo asalariado señaladas por las familias campesinas de las laderas incluyen el mantenimiento estacional de las carreteras, el trabajo en pequeñas fábricas y empleos en el sector público (principalmente como maestros en las escuelas primarias).

Los miembros de las familias campesinas de las laderas también se dedican a diversas formas de trabajo independiente. Los comercios pequeños (de frutas, pan) y las artesanías (principalmente canastos) proporcionan ingresos limitados para satisfacer las necesidades del sustento familiar en algunos casos. Otros extraen troncos de los bosques altos de la cordillera Nombre de Dios y los desbastan a mano para venderlos como madera. Cortar troncos es rentable pero presenta varios problemas como la inseguridad de la tenencia forestal y las disposiciones contradictorias (PDBL 1991; Rodríguez Torres 1992; Humphries, en prensa). Por estas razones y a causa del esfuerzo físico requerido por el trabajo, la tala por lo general es una actividad complementaria de las personas relativamente jóvenes dedicadas a la agricultura.

La tenencia de la tierra permite a las personas prescindir de los empleos fuera de las fincas y diversificar sus actividades agrícolas. Algunas familias producen cultivos comerciales como los chiles, el cacao y el café. Otras se especializan en la producción de ganado bovino y porcino. El Cuadro 6 muestra el tamaño de los hatos en la zona de las laderas y su distribución entre las familias. Aproximadamente una cuarta parte de las familias campesinas entrevistadas en la zona de las laderas tenían ganado, en hatos que variaban unas cuantas a 125 cabezas. La mayoría de estas fincas producen leche para la elaboración local de queso o para la venta a una instalación regional de procesamiento de leche que tiene centros de acopio en diversos puntos del departamento. Alrededor de una cuarta parte de esas fincas — comúnmente las más aisladas — crían ganado para carne que se vende en los mercados regionales. Muchos agricultores de las laderas desean establecer fincas ganaderas ya que la cría de ganado es menos arriesgada y más rentable que otras actividades agrícolas regionales. Humphries (en prensa) calculó que un ganadero con sólo tres vacas que produzcan leche puede obtener utilidades tan altas como las del productor medio de granos básicos, pero con considerablemente menos esfuerzo y riesgo. La rentabilidad relativa de la producción de granos básicos y de ganado se examina brevemente en el Capítulo 6.

Los cerdos representan una forma de producción de ganado de las familias pobres. Si bien la cría de cerdos es principalmente un medio para acumular ahorros, la producción porcina se puede usar para convertir el grano excedente y los subproductos de la elaboración de quesos (el suero) en efectivo, por lo cual constituye un trampolín a la cría de ganado bovino. Más o menos el 37% de la población entrevistada poseía cerdos, si bien por lo general no tenían más de tres o cuatro. Algo más de la mitad de las familias entrevistadas poseían uno o dos caballos, que usan para transportar el grano desde el campo a la casa. En algunos casos, los agricultores arrendaban sus caballos o sus propios servicios como arrieros.

Cuadro 6. Fincas ganaderas en la zona de la laderas, norte de Honduras, 1992.

Tamaño del hato (n)[a]	Familias (%)	Familias (n)
0	72	91
1–5	16	20
6–10	6	7

>10	6	8

Fuente: Encuesta de los autores, 1992.
[a] Cantidad de cabezas.

La tierra y el ganado también proporcionan una base para la inversión en pequeños negocios. Los corredores de ganado que tienen camiones compran ganado en las comunidades de las laderas y lo venden a los mataderos de los centros urbanos de la región. Estos comerciantes también pueden usar sus vehículos para transportar la leche producida por otros ganaderos a los centros regionales de acopio. Entre los ganaderos, una forma popular de invertir es establecer pequeñas tiendas con mercancías generales (machetes, cuerdas) y artículos alimentarios (arroz, sal, leche enlatada).

La clasificación de las estrategias de sustento

Las múltiples y diversas ocupaciones de las familias campesinas están condicionadas y favorecidas por la distribución de la tierra y otros recursos. Para investigar estas complejas relaciones e identificar las estrategias de sustento que adoptan las familias, elaboramos una clasificación jerárquica de las familias.

Los métodos de análisis han sido descritos en un trabajo de Buckles y Sain (1995). Examinamos las relaciones entre las variables y los casos (las familias) en los datos de la encuesta usando el análisis de variables múltiples. Se empleó una clasificación jerárquica de los casos en sucesivas repeticiones de un programa de computadora (TWINSPAN) con el fin de obtener una clasificación jerárquica de las variables conforme a su preferencia en los casos. Luego se usaron las dos clasificaciones juntas para obtener una tabla ordenada de dos entradas (caso por variable) que expresara las relaciones jerárquicas en la forma más sucinta posible. Esto contrasta con la mayoría de las técnicas estándares de agrupación que clasifican sólo los casos (o las variables) y que dependen de mediciones únicas de la similitud o la disimilitud (van Groenewoud 1992).

La clasificación jerárquica ofrece un cuadro más integral de las relaciones estratégicas entre los recursos y las familias que los análisis basados sólo en perfiles individuales (el jefe de la familia, por ejemplo) o en variables claves tales como el tamaño de la finca (véase CEP AL 1982; Gálvez et al. 1990). El método simultáneamente combina diversos criterios que los investigadores por lo común consideran por separado en la clasificación de las poblaciones campesinas, como la tenencia de la tierra, los perfiles ocupacionales y los usos de la tierra.

La clasificación se aplica a las familias, más que a los individuos, en concordancia con el carácter doméstico de la vida rural. Las familias campesinas conjuntan sus recursos y combinan actividades en formas distintas de las de las empresas especializadas o las familias con ingresos salariales. Sin embargo, esto no quiere decir que las familias campesinas sean una sola unidad de producción o que la distribución intrafamiliar de los recursos y la división del trabajo entre los sexos tengan pocos efectos en el poder y el bienestar de los miembros individuales de las familias. Las tierras cultivadas por las familias hondureñas normalmente pertenecen a los hombres, a pesar de que las mujeres también trabajan en el campo. Alrededor del 20% de las familias campesinas entrevistadas indicaron que las mujeres de la familia participaban en el trabajo agrícola, por lo general durante las operaciones de desyerba y en la cosecha. A las mujeres correspondía también un 50% del tiempo dedicado a trabajo independiente en las familias, comúnmente como comerciantes en pequeña escala. No obstante, el instrumento de la encuesta no captó el grado de detalle necesario para examinar las funciones y las diferencias según el sexo como un elemento en la clasificación. Además, el proceso de la recolección de datos no llevó a la documentación de las diferencias según el sexo en las prioridades y las contribuciones relativas a las estrategias de sustento generales. Este sesgo, que omite el estudio del aporte económico de las mujeres al sustento de las familias campesinas, sigue siendo una debilidad importante típica de las encuestas en fincas (Poats 1991; Thomas-Slayter et al. 1993).

Comparaciones entre las estrategias de sustento

La clasificación de las estrategias de sustento llevó a la identificación de cinco grupos de familias relativamente homogéneos: los ganaderos, los agricultores diversificados, los agricultores en mediana escala, los agricultores en pequeña escala y los agricultores de autoconsumo (Cuadro 7). Estos grupos representan distinciones importantes en cuanto a la distribución de la tierra, los recursos de mano de obra y de capital, los usos de la tierra y los perfiles ocupacionales.

En el Cuadro 8 se presentan las diferencias entre los grupos en cuanto al tamaño de las fincas y al uso de la tierra. Los ganaderos controlan más tierras, tanto en producción como en descanso, que los otros grupos. Aproximadamente la mitad de la superficie total de sus propiedades son pastizales, pero también tienen una buena cantidad de tierra de cultivo, lo cual refleja la estrategia de explotación agropecuaria entre los ganaderos, más que la especialización en la cría de ganado. La estrategia dual de los agricultores diversificados que tienen cultivos y producción de ganado también se revela en los datos que muestran la distribución de sus tierras entre cultivos, barbecho y pastizales. En contraste, los agricultores en mediana y pequeña escala dedican a los cultivos tanta tierra como los agricultores diversificados, pero no manejan pastizales. Se concentran en los cultivos, el barbecho y los árboles permanentes y esto los distingue de los agricultores de autoconsumo, quienes tienen usos de la tierra muy especializados y las fincas más pequeñas.

Cuadro 7. Grupos de familias en la zona de las laderas, norte de Honduras, 1992.

Clasificación	Ganaderos	Agricultores diversificados	Agricultores de mediana escala	Agricultores de pequeña escala	Agricultores de autoconsumo
Familias (%)	15.1	15.1	23.8	22.2	23.8
Familias (*n*)	19	19	30	28	30

Fuente: Encuesta de los autores, 1992.

Cuadro 8. Tamaño medio de los predios y usos de la tierra según los grupos de familias campesinas, norte de Honduras, 1992.

	Ganaderos	Agricultores diversificados	Agricultores de mediana escala	Agricultores de pequeña de escala	Agricultores de autoconsumo	*P*
Tamaño de la finca (ha)	32.0	12.3	7.7	5.1	2.0	**
Tierra cultivada (ha)	7.3	3.5	2.8	3.2	1.8	**
Tierra en descanso (ha)	8.5	4.2	4.3	1.7	0	**
Pastizales (ha)	15.1	4.5	0.5	0	0.2	**
Cultivos arbóreos permanentes (ha)	1.1	0.1	0.1	0.2	0	NS

Fuente: Encuesta de los autores, 1992.
** Significativo con *P* = 0.01 (prueba *F*); NS, no significativo.

La estrecha relación entre el tamaño de la finca y los derechos de tenencia de la tierra se ilustra en el Cuadro 9, que muestra la proporción de superficie cultivada poseída y arrendada por los agricultores de cada grupo de familias. Los agricultores con fincas más grandes (ganaderos y agricultores diversificados y en mediana escala) son mucho menos dependientes de los mercados de arrendamiento de tierras para el acceso a éstas. En contraste, los agricultores de autoconsumo dependen casi por completo de las tierras alquiladas. Los mercados de arrendamiento de tierras también desempeñan una función importante en los sistemas agrícolas de los agricultores en pequeña escala. Estas observaciones subrayan la importancia de los mercados de arrendamiento de tierras para grandes sectores de la población de las laderas e indican las relaciones de interdependencia e intercambio entre los agricultores que tienen tierras y los que no las tienen. Los ganaderos de las laderas, así como los terratenientes que viven en las zonas urbanas, desempeñan la función de corredores de tierras para las familias que carecen de ellas. El sistema permite a los ganaderos invertir su capital en tierras en barbecho para establecer pastizales con poco o ningún costo directo, y proporciona a los agricultores sin tierras el acceso a éstas.

Cuadro 9. Proporción de tierras cultivadas poseídas y arrendadas por los grupos de familias campesinas, norte de Honduras, 1992.

	Derecho de propiedad agrícola (%)					
	Ganaderos	Agricultores diversificados	Agricultores de mediana escala	Agricultores de pequeña escala	Agricultores de autoconsumo	*P*
Poseídas	96.3	94.0	83.2	58.2	10.8	**
Arrendadas	3.7	6.0	16.8	41.8	89.2	**

Fuente: Encuesta de los autores, 1992.
** Significativo con *P* = 0.01 (prueba *F*).

Si bien el mercado de arrendamiento de tierras da a los que carecen de éstas una oportunidad de arrendar tierras para el cultivo, fundamentalmente no modifica su capacidad de aumentar o diversificar sus cultivos (Cuadro 10). La encuesta indicó que los agricultores de autoconsumo tienden a especializarse en la producción de maíz y cultivan en promedio 1.3 ha del cereal en cualquiera de las temporadas. Sólo la mitad de las familias de este grupo producen frijoles y menos de la mitad cultivan arroz, por lo general en parcelas muy pequeñas. De acuerdo con los limitados recursos de tierras de este grupo, rara vez se producen otros cultivos anuales y cultivos arbóreos en escala comercial.

Los agricultores en mediana y pequeña escala tienen fincas más grandes. Las familias de ambos grupos habitualmente cultivan maíz — en promedio 1.5—2.0 ha en cada temporada — y también pequeñas parcelas de frijoles. El arroz es cultivado por menos de la tercera parte de las familias de estos grupos. Una proporción considerable de agricultores en pequeña escala tienen cultivos arbóreos, una estrategia para la diversificación que no es común entre los agricultores en mediana escala (Cuadro 10). Estos últimos agricultores generalmente diversifican su producción arrendando a otros los pastizales o usándolos para apacentar sus propios animales.

Los perfiles de cultivo de los agricultores que diversifican su producción reflejan la tendencia de las familias en este grupo a realizar una amplia gama de actividades agrícolas. La mayoría de estos agricultores producen frijoles y casi la mitad de ellos también cultivan arroz. La proporción de agricultores de este grupo que producen otros cultivos anuales no difiere mucho de las de los otros grupos. No obstante, la superficie media de maíz en este grupo es algo mayor y sobrepasa las 2 ha en el cultivo de postrera.

Los ganaderos constituyen el grupo con las estrategias de producción de cultivos más diversificadas. Su superficie media de maíz es muy grande, 3.8 ha

Cuadro 10. Proporción de familias que producen diversos cultivos y superficie cultivada media (excluyendo los valores 0) en cada grupo de familias, norte de Honduras, 1991–1992.

Proporción de familias (%) [a]

	Ganaderos	Agricultores diversificados	Agricultores de mediana escala	Agricultores de pequeña escala	Agricultores de autoconsumo	*P*
Maíz de primera	100.0	100.0	93.3	96.4	90.0	**
	(3.8)	(1.7)	(1.6)	(1.5)	(1.3)	
Maíz de postrera	94.7	94.7	86.7	96.4	90.0	**
	(3.8)	(2.4)	(1.8)	(2.0)	(1.3)	
Frijoles	73.7	89.5	70.0	75.0	50.0	NS
	(0.7)	(0.6)	(0.6)	(0.8)	(0.4)	
Arroz	89.5	47.4	30.0	28.6	30.0	*
	(1.0)	(0.4)	(0.4)	(0.8)	(0.5)	
Otros cultivos	42.1	21.1	33.3	25.0	0.0	NS
	(0.6)	(0.3)	(0.5)	(0.2)	(0.0)	
Cultivos arbóreos	57.9	26.3	6.7	42.9	3.3	NS
	(1.9)	(0.4)	(0.7)	(0.6)	(0.2)	

Fuente: Encuesta de los autores, 1992.

[a] Los valores entre paréntesis son los valores medios de la superficie cultivada en hectáreas.

*, ** Significativo con *P* = 0.05 y P = 0.01, respectivamente (prueba F); NS, no significativo.

en ambas temporadas, pero la superficie dedicada a los frijoles es la misma que la de los agricultores de los otros grupos. El arroz es un cultivo difícil para los entornos en laderas porque requiere tierras relativamente buenas y una desyerba cuidadosa, pero es producido por casi el 90% de los ganaderos; otros cultivos anuales (principalmente los chiles) y cultivos arbóreos son también mucho más frecuentes entre los ganaderos en comparación con los otros agricultores. Este perfil de la producción de cultivos refleja la capacidad de los ganaderos de reunir los recursos de tierras, mano de obra y financieros necesarios para producir una amplia gama de cultivos. También subraya la naturaleza agropecuaria de las estrategias de sustento entre las familias de este grupo; estos ganaderos nunca abandonan del todo la agricultura y continúan basándose en una serie de actividades y usos de la tierra para su sustento. Este resultado no se ajusta a la lógica estrechamente definida del desarrollo empresarial que implica que las fincas más grandes se especializan y las más pequeñas mantienen estrategias diversificadas de producción. Una posible explicación de esto es que los costos de manejo y supervisión de las estrategias diversificadas siguen siendo pequeños incluso para las fincas más grandes en el norte de Honduras.

La capacidad de los ganaderos y los agricultores diversificados de responder a las restricciones de la producción también es mayor a la de los agricultores de los otros grupos. Mientras que dos terceras partes de los ganaderos y casi tres cuartas partes de los agricultores diversificados aplicaban fertilizante a su maíz, sólo una cuarta parte de los agricultores en mediana escala y una tercera parte de los agricultores en pequeña escala lo hacían. Un poco más de la mitad de los agricultores de autoconsumo usaban fertilizante en el maíz, lo cual posiblemente refleje el hecho de que tienen más acceso al dinero en efectivo que los agricultores que dependen únicamente de la agricultura. El empleo de fertilizantes como fuente de nutrimentos también puede ser una estrategia apropiada para los agricultores con menos control o conocimiento del estado de fertilidad de la tierra que cultivan, una situación previsible entre los arrendatarios.

Sólo el 10% de la población incluida en la encuesta — en su mayoría ganaderos — recibieron créditos para la producción de maíz en 1992. Las restricciones en cuanto a dinero en efectivo y créditos son muy frecuentes entre las familias más pobres y probablemente han influido en sus decisiones de usar el sistema de abonera como forma de manejar la fertilidad del suelo, aspecto que examinaremos en los capítulos siguientes.

Los datos acerca del porcentaje de familias de cada grupo que vendieron la mitad o más de su cosecha de diversos cultivos en 1991–1992 (Cuadro 11) revela la importancia relativa de las diversas transacciones en el mercado para cada grupo. La mayoría de los agricultores de las laderas (71%) venden poco o nada de su maíz de primera, pero es más probable que los agricultores diversificados, en comparación con otros grupos, pongan su cosecha en el mercado. Esta tendencia refleja la mayor dependencia de los agricultores diversificados de ingresos provenientes de la producción agrícola, en comparación con los ganaderos.

Era más frecuente que los ganaderos y los agricultores de todos los grupos vendieran en el mercado el maíz de postrera, en respuesta a los precios mucho más altos del maíz durante esta temporada. Las ventas del maíz de postrera son muy comunes entre los ganaderos, lo cual concuerda con la superficie de maíz mucho más grande cultivada por este grupo. Los agricultores diversificados y en mediana escala también venden más maíz de postrera que los agricultores en pequeña escala y de autoconsumo. Como se señaló antes, la superficie de maíz de estas familias también tiende a ser más grande durante la temporada postrera, una estrategia estacional que no es frecuente entre los agricultores en pequeña escala y de autoconsumo.

La proporción de familias que venden la mitad o más de su cosecha de frijoles es baja en todos los grupos. Si bien los frijoles son un cultivo esencial de autoconsumo, las pequeñas cantidades vendidas por numerosos agricultores de toda la región representan casi la mitad del total de frijoles consumidos en La Ceiba, la tercera ciudad del país (Matute Ortiz 1992).

Cuadro 11. Proporción de familias que vendieron la mitad o más de su cosecha, norte de Honduras, 1991–1992.

	Proporción de familias (%)					
	Ganaderos	Agricultores diversificados	Agricultores de mediana escala	Agricultores de pequeña escala	Agricultores de autoconsumo	P
Maíz de primera	26.3	42.1	20.0	21.4	33.3	NS
Maíz de postrera	73.7	57.9	50.0	32.1	40.0	*
Frijoles	21.1	31.6	30.0	21.4	3.3	*
Arroz	52.6	15.8	10.0	10.7	20.0	***
Otros cultivos	31.6	5.3	13.3	10.7	0	**

Fuente: Encuesta de los autores, 1992.
*, **, *** Significativo con $P = 0.05$, $P = 0.01$, y $P = 0.001$, respectivamente (prueba de Chi cuadrado); NS, no significativo.

Las ventas de arroz varían entre los grupos mucho más que las de frijoles. Los ganaderos son evidentemente los productores de arroz más importantes, tanto por la superficie media cultivada como por la tendencia a comercializar la cosecha. Los ganaderos también comercializan proporciones considerables de otros cultivos, como chiles, frutas, café y cacao. Sin embargo, en general el nivel de consumo doméstico de los cultivos anuales es alto en todos los grupos, incluidos los ganaderos y los agricultores diversificados, conforme a la orientación al autoconsumo de la mayoría de las actividades agrícolas en la región.

No encontramos diferencias significativas en cuanto al tamaño de la familia o la edad del jefe de ésta que indicaran la función del ciclo de desarrollo de la familia en la intensificación de las estrategias de sustento (Cuadro 12). Si bien la disponibilidad de mano de obra familiar sin duda era importante para las familias individuales, no existe un perfil de grupo. No obstante, la capacidad de las familias de emplear a trabajadores no pertenecientes a ellas varían de un grupo a otro. Los datos sobre el empleo de mano de obra ajena a la familia por los grupos destaca la posición ventajosa de los ganaderos y, en menor grado, los agricultores diversificados. Los ganaderos contrataban trabajadores para un promedio de 28 días-persona para ayudar en la roza, la siembra y la desyerba del maíz de postrera. No se reunieron datos sobre el empleo de trabajadores asalariados para otros cultivos y temporadas.

La distribución de la posesión de ganado entre los grupos también es extremadamente asimétrica (Cuadro 13). Todas las familias del grupo de ganaderos poseían ganado bovino, con hatos de aproximadamente 19 animales.

Cuadro 12. Recursos de mano de obra familiar y contratada según grupo de familias campesinas, norte de Honduras, 1992, ciclo de postrera.

	Ganaderos	Agricultores diversificados	Agricultores de mediana escala	Agricultores de pequeña escala	Agricultores de autoconsumo	*P*
Tamaño medio de la familia (*n*)	6.2	6.3	6.3	7.1	6.2	NS
Edad media del varón jefe de familia (años)	43.6	46.8	43.5	44.3	38.1	NS
Empleo medio de mano de obra contratada (días)	27.8	12.5	7.9	0	3.7	**

Fuente: Encuesta de los autores, 1992.
** Significativo con $P = 0.01$ (prueba F); NS = no significativo.

Cuadro 13. Posesión de ganado según el grupo de familias, norte de Honduras, 1992.

	Ganaderos	Agricultores diversificados	Agricultores de mediana escala	Agricultores de pequeña escala	Agricultores de autoconsumo	*P*
Cantidad media de cabezas de ganado bovino (*n*)	19.2	3.2	0.2	0	0	**
Cantidad media de cabezas de cerdos (*n*)	2.1	4.2	0.7	1.8	0.1	**

Fuente: Encuesta de los autores, 1992.
** Significativo con $P = 0.01$ (prueba *F*).

Los agricultores diversificados tenían muchas menos cabezas de ganado bovino pero poseían un mayor número de cerdos, lo cual refleja una estrategia de usar la producción porcina para gradualmente acumular capital en animales. El carácter complementario entre la producción de leche en pequeña escala y la producción porcina también puede explicar el desarrollo de esa estrategia (Humphries, comunicación personal, 1996[2]). Los ganaderos obtienen ingresos mediante la venta directa de leche, pero los agricultores diversificados, con hatos más pequeños, deben transformar la

leche en queso para tener utilidades. El suero, un subproducto de la elaboración de quesos, puede ser usado para engordar los cerdos, con lo cual también aumenta la rentabilidad de esta actividad.

Los agricultores en pequeña escala independientes pueden tener uno o dos cerdos como forma de acumular ahorros. En contraste, los agricultores de

[2] Humphries, Universidad de Guelph, comunicación personal, 1996.

autoconsumo no pueden mantener animales, lo cual es una prueba de las limitaciones estructurales de su estrategia de sustento.

La clasificación de las estrategias de sustento se puede extender a un análisis de las múltiples ocupaciones entre las familias de las laderas. Como se señaló anteriormente, alrededor del 69% de las familias incluidas en la encuesta dependen en cierta medida del empleo de algún miembro de la familia fuera de la finca. Las formas especificas de empleo fuera de la finca son más frecuentes en algunos grupos que en otros (Cuadro 14). El trabajo como jornalero en las fincas y haciendas de otras familias es básicamente el ámbito de los agricultores en pequeña escala y de autoconsumo, que tienen pocas tierras propias para usar la mano de obra familiar. A estos dos grupos, que representan el 46% de las familias entrevistadas, corresponde el 93% del tiempo dedicado al trabajo como jornalero. Los agricultores en pequeña escala y de autoconsumo que trabajaban como asalariados lo hacían en promedio durante 16 y 26 semanas al año por familia, respectivamente, en calidad de jornaleros. Estos promedios destacan la mayor participación de los agricultores de autoconsumo en el trabajo como jornalero, en comparación con los agricultores en pequeña escala, más independientes. El trabajo como jornalero requiere esfuerzo físico pero está muy mal pagado; la mayoría de los jornaleros ganan aproximadamente US$1.25 al día cortando matorrales para desmontar los campos que se cultivarán o sembrando, desyerbando y cosechando.

Sólo el 10% de las familias de la encuesta tenían empleos asalariados fuera de las fincas, clasificados en dos tipos. Los integrantes de las familias de agricultores diversificados que trabajaban fuera de la finca tenían empleos relativamente estables y mejor pagados como maestros, obreros de pequeñas fábricas y en algunos oficios. Estos trabajadores sabían todos leer y escribir, lo cual les permitía encontrar mejores empleos y, mediante ellos, acumular tierras y ganado. En contraste, los agricultores de autoconsumo empleados fuera de la finca normalmente trabajaban temporalmente en la construcción de carreteras. Tenian un grado de escolaridad mucho más bajo; sólo una tercera parte de los trabajadores asalariados de este grupo sabían leer. La mano de obra familiar no se puede usar productivamente en las limitadas fincas manejadas por los agricultores de subsistencia, y las habilidades laborales de este grupo no les permiten obtener salarios superiores al nivel de subsistencia.

La tala era importante sólo para el 11% de las familias entrevistadas; virtualmente todo los que realizaban esta actividad fueron clasificados como agricultores independientes. Todas excepto una de estas familias pertenecían a una cooperativa de taladores que les daba acceso a los bosques de la comunidad y los

Cuadro 14. Proporción de familias con diversas ocupaciones por grupo de familias, norte de Honduras, 1992.

Occupación	Proporción de familias (%)					
	Ganaderos	Agricultores diversificados	Agricultores de mediana escala	Agricultores de pequeña escala	Agricultores de autoconsumo	P
Jornalero	5.3	10.5	20.0	89.3	80.0	**
Trabajo asalariado fuera de la finca	0.0	31.6	3.3	0.0	20.0	**
Autoempleo	0.0	10.5	13.3	17.9	10.0	NS
Tala	0.0	0.0	43.3	3.6	0.0	**
Pequeños negocios	15.8	0.0	6.7	3.6	3.3	NS

Fuente: Encuenta de los autores, 1992.
** Significativo con $P = 0.01$ (prueba de Chi cuadrado); NS, no significativo.

ayudaba a comercializar la madera. Si bien la tala es una actividad físicamente exigente y está restringida por el acceso incierto a los recursos forestales adecuados y por el riesgo de que la madera sea confiscada por los funcionarios gubernamentales (Humphries, en prensa), las utilidades de la tala pueden ser considerables, ya que la caoba y la cabima alcanzan buenos precios en los mercados regionales. Las familias de taladores señalaron que dedicaban en conjunto un promedio de 30 semanas al año a extraer maderas preciosas, que estimaban que les generaban unos 1 000–2 000 USD por familia, según el tipo y la calidad de la madera cortada. Esta estimación se basa en el promedio de semanas al año de actividades de tala comunicadas por toda la familia (30 semanas) y en los cálculos de Humphries (en prensa) de los ingresos individuales mediante la tala (143—285 USD al mes). La tala normalmente se realiza durante la temporada seca del invierno y puede involucrar el esfuerzo concentrado de varios integrantes de la familia.

El trabajo independiente en la zona de las laderas es importante para el 11% de las familias de la encuesta; algunos miembros de la familia se dedican al pequeño comercio (venta de frutas, pan), las artesanías (principalmente canastos) o el manejo de pequeños puestos de comida en sus hogares. El trabajo independiente en pequeña escala no es específico de algún grupo en particular. En todos los grupos, excepto los ganaderos, una pequeña proporción de familias indicó que algunos de sus miembros (principalmente mujeres) se dedicaban al pequeño comercio, las artesanías o la preparación de comidas. En contraste, los negocios pequeños eran establecidos principalmente por ganaderos que reinvertían sus ingresos en pequeñas tiendas o en camiones para el corretaje de animales y leche, oportunidad cerrada para los otros grupos.

Conclusiones

El análisis revela un alto grado de diferenciación social en la zona de laderas del norte de Honduras y el desarrollo de estrategias diferentes para mantener a las familias. Estas estrategias de sustento reflejan las limitaciones estructurales de las oportunidades y las prácticas de manejo de la tierra de las familias pobres en tierras y reflejan también las oportunidades disponibles para los ricos en tierras. Las estrategias difieren en formas que influyen mucho en los patrones de uso de la tierra, el empleo de la mano de obra familiar y otras características de los sistemas agrícolas de las laderas.

Los ganaderos representan el 15% de las familias entrevistadas. Poseen ganado bovino y cerdos, pastizales y tierras de barbecho. Su producción de cultivo es típicamente diversificada y cultivan superficies superiores al promedio con maíz, frijoles y arroz. Muchos de los ganaderos pueden vender al menos la mitad de sus cosechas de cultivos anuales en el mercado. Sus recursos económicos les permiten establecer pequeños negocios, como tiendas o el corretaje de animales, y evitan el empleo de escasa paga fuera de las fincas.

Los agricultores diversificados — que también representan alrededor del 15% de las familias entrevistadas — tienen en promedio menos ganado bovino que los ganaderos pero más cerdos, una forma de producción de ganado menos intensiva en cuanto a la tierra. No obstante, los agricultores diversificados poseen tierras suficientes para producir una amplia gama de cultivos anuales. También tienen algunos pastizales y tierras en descanso. Los agricultores diversificados no necesitan el trabajo como jornaleros para su sustento, pero pueden dedicarse a formas relativamente estables y mejor pagadas de empleo fuera de las fincas, como el trabajo en fábricas y la docencia. El dinero ganado por el trabajo familiar en empleos fuera de las fincas parece proporcionar a estas familias oportunidades adicionales de acumular tierras y ganado, una asociación que revela la función que podría desempeñar en el desarrollo local el incremento de los salarios y las oportunidades de empleo rural.

Los agricultores en mediana escala representan casi el 24% de las familias de la encuesta. Poseen tierras, incluyendo áreas considerables de barbecho, y cultivan pequeñas cantidades de maíz, arroz y frijoles. Pueden tener cierta extensión de tierras con árboles permanentes. Sin embargo, sus tierras y otros recursos son demasiado limitados para la producción de ganado. Sus actividades agrícolas les permiten evitar el trabajo asalariado de baja paga, pero la mayoría opta por complementar la agricultura con la tala. Su integración en cooperativas madereras les facilita esta actividad.

Los agricultores en pequeña escala, que constituyen alrededor del 22% de las familias entrevistadas, poseen tierras de cultivo, pero muy pocas de ellas se dedican a pastizales o están en barbecho. El acceso a la tierra mediante los mercados de arrendamiento es muy importante para este grupo. La producción de cultivos de los agricultores en pequeña escala se limita por lo general al maíz y los frijoles, comúnmente para autoconsumo, y la producción de ganado está más allá de sus posibilidades. Estos agricultores, a causa de su limitado capital en tierras, se ven obligados a emplear la mano de obra familiar en trabajos como jornaleros y en algunas formas de empleo independiente (artesanías y pequeños comercios) para poder satisfacer sus necesidades. Esta dependencia del empleo fuera de las fincas indica que los agricultores en pequeña escala cuentan con poca mano de obra dentro de la familia para invertir en nuevas prácticas de manejo de la tierra.

Los agricultores de autoconsumo constituyen un grupo grande, que representa casi el 24% de las familias de la encuesta. Con frecuencia trabajan como jornaleros fuera de las fincas y ésta es la fuente primaria de sus ingresos. La producción de cultivos entre los agricultores de autoconsumo se concentra exclusivamente en el maíz, el principal cultivo de autoconsumo en la región. Como en el caso de los agricultores en pequeña escala, los agricultores de autoconsumo no tienen tierras suficientes para la diversificación de cultivos o la producción de ganado. Estas familias dependen mucho de los mercados de arrendamiento para obtener tierras.

El panorama de las estrategias de sustento de las familias campesinas que surge del análisis nos permite apreciar en forma integral el contexto en que los agricultores toman decisiones acerca de las tecnologías. En lo que resta de este libro se examinan en detalle la experiencia de los agricultores hondureños con el frijol terciopelo y los factores que influyen en la adopción del sistema de abonera.

CAPITULO 4

EL SISTEMA DE ABONERA

Medidas de adopción

Para comienzos de los años 90, casi dos terceras partes de los agricultores de las laderas del norte de Honduras usaban el sistema de abonera, según lo revelan los datos de la encuesta en fincas efectuada en 1992 (Cuadro 15). Aproximadamente el 19% de los agricultores entrevistados señalaron el empleo anterior pero no actual, y 16.7% indicaron que nunca habían usado el sistema de abonera. La Figura 9 muestra los niveles acumulativos de adopción en la costa norte de Honduras entre 1972 y 1992, conforme a lo que recordaron los agricultores acerca del primer año de empleo del frijol terciopelo. Se ajustaron estos informes para excluir a los agricultores demasiado jóvenes (<20 años) para ser jefes de familia, y a los que vivían fuera de la región cuando comenzaron a usar por primera vez la tecnología. Este ajuste es particularmente importante porque muchos agricultores que en esa época vivían en el norte de Honduras habían emigrado allí desde otras partes del país, donde tal vez se enteraron por primera vez del sistema de abonera.

La Figura 9 indica que la tecnología se difundió con lentitud en los primeros 10 años posteriores a su introducción en la región, pero la difusión creció en forma explosiva en los 10 años subsiguientes. La adopción del sistema de abonera aumentó según una tasa de alrededor del 5% anual y alcanzó su pico a comienzos de los años 90. Este nivel de adopción es similar al estimado en una encuesta efectuada en 1990 en la región (61%, informado en Buckles et al. 1991). El empleo del frijol terciopelo se ha estabilizado en los últimos años como resultado de las restricciones en cuanto a la tierra, problema que se examina en detalle en el Capítulo 7.

La proporción de campos de maíz en el sistema de abonera, una medida de la intensidad de la adopción, es muy alta. Alrededor del 78% de los agricultores (entrevistados en 1992) con campos de frijol terciopelo cultivan más de la mitad de su maíz de postrera en esta asociación, y alrededor del 55% cultivan todo su maíz de postrera de esta manera. Para este último grupo de

Cuadro 15. Adopción del sistema de abonera por los agricultores de las laderas, norte de Honduras, 1992.

Adopción	Familias (%)	Familias (*n*)
Empleo actual	64.3	81
Empleo anterior	19.0	24
Nunca lo emplearon	16.7	21

Fuente: Encuesta de los autores, 1992.

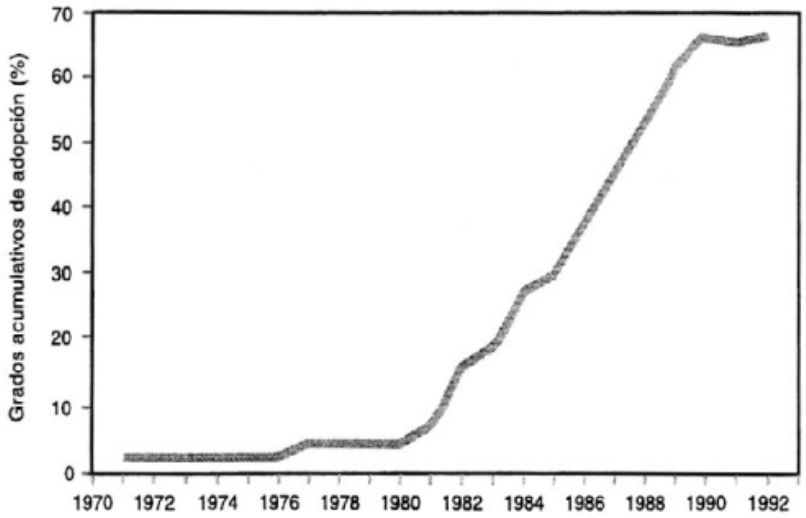

Figura 9. Adopción del sistema de abonera, norte de Honduras. Fuente: Buckles et al. (1992).

agricultores, el sistema de abonera virtualmente ha desplazado las formas tradicionales de producción de maíz de postrera. No obstante, hay que señalar que una proporción significativa de los agricultores que usan frijol terciopelo también siembran algo de maíz en la forma tradicional, un aspecto que se examinará más a fondo en los Capítulos 6 y 7.

Los agricultores parecen cambiar al sistema de abonera con notable rapidez. Además, no parecen pasar por un período de experimentación en pequeña escala con la tecnología, como normalmente se espera cuando se trata de prácticas nuevas. Los datos presentados en el Cuadro 16 indican que los usuarios nuevos siembran una proporción de su maíz de invierno con frijol terciopelo similar a la sembrada por los agricultores con muchos más años de experiencia.

Cuadro 16. Intensidad de la adopción de las abonera según los años de empleo (sólo los adoptadores), norte de Honduras, 1992.

Años de empleo	% del maíz de invierno sembrado con frijol terciopelo	Adoptadores entrevistados (*n*)
1–1	75.0	25
5–10	84.1	51
>10	74.0	9

Fuente: Encuesta de los autores, 1992.

La adopción del sistema de abonera ha sido relativamente uniforme en todas las laderas del norte de Honduras, desde Tela a Jutiapa. Según las encuestas realizadas en 1990 (Buckles et al. 1991) y 1992 (Buckles et al. 1992), las tasas de adopción en todos los municipios del departamento de Atlántida fueron similares, excepto en Tela, donde la tasa fue ligeramente más alta. Las entrevistas en la región sugieren que algunas comunidades de Tela — en particular San Francisco de Saco y Planes de Hicaque — fueron de las primeras en el departamento en adoptar en forma extensa la tecnología.

La difusión del sistema de abonera se produjo sin la intervención de los servicios oficiales de extensión o programas de incentivos. Virtualmente todos los agricultores entrevistados en la región indicaron que se enteraron de la tecnología por miembros de la familia u otros agricultores, ya sea de la misma comunidad o de otra cercana. Muchos agricultores dijeron que pidieron semilla de frijol terciopelo a otros agricultores después de ver los cultivos de maíz producidos con el frijol terciopelo. Poco después, establecieron sus propios campos de frijol terciopelo. A comienzos de los años 80, los investigadores observaron este avance, pero sólo recientemente las organizaciones gubernamentales y no gubernamentales han empezado a apoyar la difusión de la tecnología en la región. La difusión espontánea de un agricultor a otro ha sido tanto eficiente como rápida.

Si bien la adopción del sistema de abonera es muy alta, no todos los agricultores que han sembrado maíz con frijol terciopelo continúan haciéndolo. Aproximadamente el 19% de los agricultores entrevistados en 1992 señalaron el empleo anterior pero no actual. La razón principal dada por los agricultores para abandonar el empleo del sistema de abonera fue que la parcela de frijol terciopelo pertenecía a otra persona (Cuadro 17). Todos los agricultores que señalaron esta razón no tenían tierras cuando dejaron de usar el frijol terciopelo y todos, excepto uno, continuaban aún sin tener tierras. Los motivos señalados por los agricultores que poseían tierras reflejan su preocupación por los costos de oportunidad de la tierra o las pérdidas accidentales del cultivo de frijol terciopelo. Estos resultados

Cuadro 17. Razones para abandonar el empleo del sistema de abonera, norte de Honduras, 1992.

Razón	Familias que abandonaron el empleo (*n*)
El campo de frijol terciopelo era arrendado	13
El frijol terciopelo compite con otros usos de la tierra (pastizales, otros cultivos anuales)	6
El campo de frijol terciopelo fue destruido por el fuego	3

Fuente: Encuesta de los autores, 1992.
Nota: Otras dos familias no señalaron las razones.

indican la función de la tenencia de la tierra y el tamaño de las fincas en la decisión sobre la adopción, algo que se examinará nuevamente en capítulos posteriores.

Las tasas de adopción, la intensidad del empleo del frijol terciopelo y la distribución espacial de los adoptadores indican con claridad que el sistema de abonera está difundido en la región. La encuesta de 1992 reveló, por ejemplo, que alrededor del 83% de las familias de la muestra eran usuarios actuales o anteriores del sistema de abonera. Dado que esta muestra refleja razonablemente a las aproximadamente 13 000 familias de las aldeas de las laderas entre Tela y Jutiapa (véase el Apéndice I), podemos suponer que más de 10 000 de esas familias tenían alguna experiencia directa con esta tecnología.

El manejo de la abonera

Al manejar sus *aboneras*, los agricultores aprovechan el prolongado ciclo de cultivo del norte de Honduras (>270 días) estableciendo el frijol terciopelo como cultivo único durante la temporada lluviosa principal (la primera) y sembrando luego el maíz en la misma parcela durante la temporada secundaria de lluvias (la postrera). (Las características climáticas del norte de Honduras fueron examinadas en el Capítulo 2.) La población madura de frijol terciopelo es cortada en diciembre con machetes y se siembra el maíz de postrera en la capa de hojas y tallos en descomposición. No se quema el campo y no se incorpora la leguminosa en el suelo. Con el tiempo, durante el ciclo del maíz, el frijol terciopelo se autosiembra espontáneamente a partir de las vainas que han madurado en el mantillo. Las vainas estallan cuando están secas y expulsan las semillas en el campo en forma bastante pareja. El frijol terciopelo agresivamente asume el control de la parcela de maíz alrededor de la época de la cosecha (abril a junio), usando los tallos de

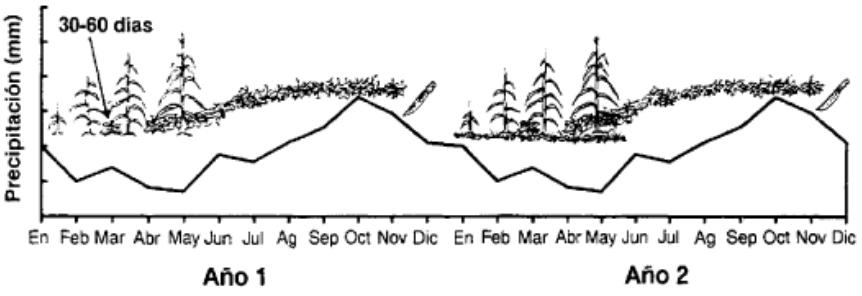

Figura 10. Fases del manejo del sistema de abonera (rotación indefinida) y patrón de las precipitaciones, norte de Honduras.

maíz como tutores. Desde ese momento hasta la próxima roza, en diciembre, no se efectúan otras operaciones en el campo y éste permanece en un breve barbecho de frijol terciopelo. La Figura 10 muestra el calendario agrícola del sistema del frijol terciopelo y las principales etapas de manejo.

El establecimiento inicial

La mayoría de los agricultores introduce el frijol terciopelo en el campo 40–60 días después de la siembra del maíz en la postrera, o ciclo de maíz de invierno. Los agricultores usan chuzos para perforar hoyos separados por espacios de 1—2 m entre los surcos de maíz, y luego colocan dos o tres semillas de frijol terciopelo en cada hoyo. Los costos de mano de obra del establecimiento inicial del campo de frijol terciopelo son mínimos, por lo general de unos US$12 ha^{-1}. La semilla comúnmente comprende una mezcla de tipos y la cantidad usada varía entre 10 y 15 kg ha^{-1}. Como los agricultores no cuentan con un mercado de semilla de frijol terciopelo, usan la semilla recogida en los campos establecidos de la leguminosa.

El establecimiento inicial del frijol terciopelo en ocasiones se realiza sembrando a voleo la semilla en el campo de maíz, evidentemente para ahorrar mano de obra. Sin embargo, se considera más eficiente el método del chuzo porque favorece un establecimiento parejo. Algunos agricultores indicaron que establecían el frijol terciopelo directamente después de limpiar un campo en descanso.

El restablecimiento anual

Después del establecimiento inicial, la abonera puede necesitar resiembra en el siguiente año en los sitios donde el frijol terciopelo no pobló densamente el campo

la primera vez. No obstante, una vez que se ha establecido el frijol terciopelo los agricultores por lo general confían en la resiembra para mantener la población. Se produce la autosiembra natural a menos que el agricultor corte el cultivo antes de que se hayan generado suficientes vainas viables.

La resistencia del campo de frijol terciopelo es notable. Los agricultores de San Francisco de Saco se han basado en la autosiembra natural durante más de 15 años sin nunca volver a sembrar sus cultivos de abonera con semilla nueva. Aun después del marcado fracaso del ciclo del frijol terciopelo en el invierno de 1993–1994 y las subsiguientes condiciones en extremo desfavorables para la germinación, la semilla producida por las escasas matas de frijol terciopelo que alcanzaron la madurez en el siguiente año fue tan abundante que la mayoría de los agricultores no tuvo necesidad de resembrar sus parcelas.

Si bien rara vez es necesario, algunos agricultores arrojan vainas de frijol terciopelo en sus campos en el momento de la roza para asegurar que habrá poblaciones uniformes. Otros resiembran el frijol terciopelo más tarde en los sitios donde no se restableció por sí solo. La semilla usada para la resiembra por lo general se cosecha de las plantas que crecen en árboles o rocas, donde la producción de semilla es más favorable que bajo el denso follaje de una población de frijol terciopelo.

La resiembra natural del campo de frijol terciopelo permite a los agricultores mantener permanentemente el cultivo en sus campos sin ningún costo directo. En consecuencia, si bien los agricultores no reciben ningún beneficio económico directo de la semilla de frijol terciopelo, no necesitan hacer una inversión directa en el mantenimiento del cultivo. Sin embargo, la práctica tiene algunas implicaciones menos favorables para el manejo. Las plantas de frijol terciopelo que germinan en la parcela de maíz pueden crecer tan vigorosamente a comienzos del ciclo que los agricultores tienen que ralear las plantas emergentes o “podarlas” para retrasar su predominio hasta que se coseche el maíz. No obstante, esto se puede efectuar durante las operaciones normales de desyerba, agregando muy poco a los costos totales de mano de obra, y no siempre es necesario.

El vigor a largo plazo de la población de frijol terciopelo también puede ser afectado negativamente por la autosiembra natural. Cuando los agricultores no complementan la autosiembra natural con la resiembra deliberada, las áreas donde no existen plantas de frijol terciopelo pueden ser colonizadas por malezas agresivas, como *Rottboellia cochinchinensis.* Ha sucedido esto en algunas zonas y la maleza se ha convertido en una plaga importante (Sharma y Zelaya 1986; Munguía 1992).

La roza

Cortar el cultivo de frijol terciopelo cuando alcanza la madurez y comienza a morir en forma natural es la principal actividad que requiere el manejo de la abonera. En una determinada comunidad o, incluso, en un campo particular, se usa una amplia gama de fechas de roza, pero todos los agricultores tienen cuidado de cortar el frijol terciopelo sólo después de que ha producido suficientes vainas viables. Una vez asegurado esto, en la elección del momento de la roza influye cuan tarde piensan los agricultores que pueden esperar para sembrar el maíz de invierno sin correr un riesgo demasiado grande de exponerlo a la sequía al avanzar la temporada. Los factores vinculados con la mano de obra familiar o contratada también influyen en la elección de la fecha de roza por el agricultor.

La roza implica cortar con liberalidad la cubierta de frijol terciopelo con un machete y usar un gancho de madera para arrancar los tallos del suelo o las rocas. Los agricultores no intentan cortar los tallos de frijol terciopelo en trozos pequeños porque esto aumentaría el tiempo dedicado a este trabajo y podría destruir las vainas, necesarias para la autosiembra natural. No obstante, algunos agricultores insisten en que el material cortado debe ser desparramado en forma pareja sobre la superficie del campo para asegurar una cobertura adecuada del suelo y un crecimiento uniforme del maíz. La roza del frijol terciopelo requiere menos trabajo que la roza de un descanso arbustivo tradicional: alrededor de 10 días ha^{-1} para una abonera, en contraste con unos 18 días ha^{-1} para un campo que ha estado en descanso durante 4–5 años. La roza del frijol terciopelo origina costos de mano de obra considerablemente más bajos que las técnicas tradicionales de preparación de la tierra, un aspecto que se abordará en los capítulos siguientes.

En los años favorables para la proliferación de ratas (una plaga cíclica, aparentemente no limitada a los campos de frijol terciopelo), se pueden formar equipos de tres a cinco personas para cortar la abonera de tal forma que las ratas sean gradualmente acorraladas. Se pueden matar fácilmente cientos de ratas con los machetes a medida que intentan escapar de los vigilantes agricultores. Un eficiente control de las ratas durante la roza puede reducir mucho la pérdida ulterior de semilla y plántulas de maíz, y los agricultores afirman que es entretenido.

La siembra de maíz

La mayoría de los agricultores prefieren sembrar el maíz tan pronto como sea posible después de cortar el frijol terciopelo, con lo cual evitan parte de la competencia de la maleza en crecimiento. En la práctica, el intervalo varía de unos días a unas semanas, dependiendo principalmente de la capacidad de los agricultores de movilizar mano de obra. Muchos agricultores efectúan la roza y

la siembra una tras otra: dedican un día o dos a la roza de un área y luego la siembran antes de continuar con la roza y la siembra de la siguiente área.

La siembra se realiza empujando las semillas de maíz con el chuzo a través del mantillo y dentro del suelo. Las densidades de siembra y los tipos de semilla varían entre los agricultores. La estrategia más común es sembrar tres o cuatro semillas por hoyo dispuestos en hileras y separados entre sí por 80–100 cm, con un espaciamiento entre las hileras de 50–80 cm. Para proteger la semilla de una serie de insectos depredadores (en particular las hormigas), los agricultores la tratan con diversas recetas domésticas o plaguicidas fuertes, como el malatión. A veces los agricultores usan semilla pregerminada para acelerar la emergencia y dar a las jóvenes plántulas de maíz una ventaja sobre las malezas. Como sucede con el maíz de primera, se prefieren los genotipos locales *(Olotillo, Tuza morada, Raque)* reproducidos en la finca.

La desyerba

La desyerba es fundamental para el destino del maíz y el frijol terciopelo. La práctica evita que las malezas quiten nutrimento y luz al maíz en crecimiento y crea un intervalo relativamente exento de la competencia de las malezas para que el frijol terciopelo se resiembre en forma natural.

Las estrategias de desyerba en las *aboneras* son similares a las usadas en los sistemas de descanso arbustivo. Una excepción es que los agricultores que usan el control químico en las aboneras aplican 2–4D con mucha precaución — o no lo aplican en absoluto — ya que puede matar con facilidad la planta emergente de frijol terciopelo. El control manual de la maleza en las parcelas de frijol terciopelo requiere considerablemente menos mano de obra que en las parcelas que no tienen frijol terciopelo (hasta un 50% menos, según las estimaciones de los agricultores), aun con la llegada de la nociva *Rottboellia.* El frijol terciopelo gradualmente elimina a la mayoría de las especies de malezas (en especial las de hojas anchas) mediante la alelopatía o impidiéndoles germinar, o venciendo en la competencia a las que emergen (Gliessman et al. 1981). Según los agricultores, las malezas que logran sobrevivir en un sistema de frijol terciopelo están enraizadas en forma mucho más superficial que las malezas en los sistemas de descanso arbustivo a causa de la presencia de la capa de mantillo de frijol terciopelo; además, la capa superior del suelo está más floja (véase el Capítulo 5) y más húmeda, lo cual hace más fácil arrancar las malezas con la mano).

Como se señaló anteriormente, el frijol terciopelo puede comportarse como una maleza si compite demasiado pronto con las plantas de maíz. Sin embargo,

esto ocurre con poca frecuencia y nunca es un problema generalizado en un determinado campo; además, la mano de obra necesaria para controlar el frijol terciopelo es mínima (menos de 1–2 personas-día ha^{-1}).

La fertilización

En general, los agricultores no aplican fertilizantes comerciales a los cultivos de maíz sembrados en el sistema de abonera. Muchos piensan que el mantillo de frijol terciopelo proporciona nutrimentos suficientes para satisfacer las necesidades nutricionales del maíz. Los agricultores describen encantados el “azulado” del maíz sembrado en parcelas con aboneras establecidas y lo consideran una prueba de la buena salud de la planta, estado que generalmente es confirmado por el análisis foliar (véase el Capítulo 5).

Sin embargo, en las aboneras de San Francisco de Saco casi la mitad de los agricultores aplican pequeñas dosis de urea (25—50 kg ha^{-1}) a sus campos de maíz 40–60 días después de la siembra. Estos agricultores no aplican necesariamente la urea cada año o en la totalidad del campo. Parece que se aplica preferentemente en los campos de frijol terciopelo joven. No están claros los efectos de esta fertilización sobre los rendimientos de maíz (véase el Capítulo 5).

La cosecha de maíz

Según la fecha de siembra y la altitud, el maíz de postrera alcanza la madurez fisiológica entre mediados de abril y comienzos de junio. La mayoría de los agricultores cosechan sus cultivos casi inmediatamente después de que maduran con el fin de conseguir el mejor precio posible en el mercado local. Si esperan hasta que lleguen las lluvias de verano, es difícil obtener un grano seco y exento de enfermedades ya sea para la venta o para el almacenamiento prolongado.

Si bien la práctica no es frecuente, algunos agricultores doblan las plantas de maiz de postrera para evitar el acame, facilitar la cosecha (la altura de inserción de las mazorcas en las variedades locales a menudo es de más de 2 m) y proteger al maíz de las aves. Una vez que están dobladas las plantas de maíz, el frijol terciopelo crece con mucha más rapidez porque está expuesto a más luz. Este crecimiento exuberante del frijol terciopelo puede hacer más trabajosa la cosecha del maíz ya que literalmente hay que luchar con el frijol terciopelo para llegar a las mazorcas.

El maíz es el único producto cosechado en el sistema de abonera (todas las cañas y hojas se dejan en el lugar) y constituye el alimento básico de los agricultores y una fuente importante de ingresos. Por consiguiente, una buena cosecha de maíz es el principal criterio que usan los agricultores para juzgar el comportamiento de la asociación con el frijol terciopelo, criterio que para los agricultores es más importante que la sostenibilidad del sistema.

Los rendimientos de maíz y los componentes de ellos en el sistema de abonera se examinarán en detalle en el Capítulo 5. Por el momento,

baste decir que, en todos los casos documentados, los rendimientos del maíz sin frijol terciopelo sistemáticamente llegaban a alrededor de la mitad de los obtenidos con el maíz sembrado después de un barbecho con frijol terciopelo. En los sitios de alto rendimiento (San Francisco de Saco y Las Mangas; véase la Figura 1), encontramos que la mayoría de los rendimientos eran del orden de las 2.5–4.5 t ha^{-1}, un nivel satisfactorio considerando que las variedades de maíz eran en su mayoría no mejoradas, las densidades de siembra eran relativamente bajas y apenas se aplicaron insumos externos (en Las Mangas no se aplicó ningún insumo externo). En ambos sitios, los mejores rendimientos medidos se acercaron a las 6 t ha^{-1}, lo cual indica el alto potencial de rendimiento del sistema. En Piedras Amarillas y Río Cuero, los rendimientos reales y el potencial de rendimiento (indicado por los mejores rendimientos) fueron en promedio más bajos, en concordancia con la fertilidad del suelo intrínsecamente más baja (Río Cuero) o la menor precipitación (Piedras Amarillas), y también con el manejo subóptimo (bajas densidades de siembra, fechas de siembra tardías).

Más allá de la cosecha: el barbecho con frijol terciopelo

Después de la cosecha de maíz, la abonera es abandonada al frijol terciopelo y las malezas restantes por seis meses completos, hasta que nuevamente llega el momento de la roza. Unas pocas semanas después de la cosecha, el frijol terciopelo por lo general ha logrado derrumbar todos los tallos de maíz que estaban en pie y tiene un follaje totalmente cerrado. Los campos de frijol terciopelo no se usan para apacentar el ganado o para cualquier otro propósito en este período. De hecho, el frijol terciopelo se cultiva con el único propósito de proteger el suelo y aumentar su fertilidad en beneficio del cultivo de maíz. Aun los agricultores que tienen ganado no usan el frijol terciopelo como forraje, a pesar de que se ha documentado su valor como alimento para los animales. La falta de acceso a la información sobre este uso puede ser la razón de que se pierda esta oportunidad, cuestión que se abordará en las conclusiones acerca de los posibles usos futuros del sistema de abonera.

Otros aspectos

Muchos agricultores de San Francisco de Saco y Las Mangas usan *Gliricidia sepium* como seto vivo alrededor de sus campos de frijol terciopelo y pastizales. Las principales razones mencionadas para elegir este arbusto leguminoso fueron su rápido crecimiento y su capacidad de proporcionar postes para cercar los pastizales. Los árboles por lo general son podados a comienzos del ciclo del maíz y se dejan en el lugar las ramas cortadas, con lo cual se agrega biomasa y nutrimentos al mantillo de frijol terciopelo en las orillas de los campos.

Variabilidad del manejo y sus causas

El manejo varía en diversas formas de un agricultor a otro, de un campo a otro y de un año a otro. El momento de la roza del frijol terciopelo y la siembra del maíz es variable, así como la elección y el momento de las operaciones de control de las malezas. Esas diferencias pueden atribuirse a condiciones ambientales locales, como el momento real de madurez del frijol terciopelo, la intensidad de las lluvias en la época de la roza o la presión de las malezas.

Las restricciones que sufren las familias también pueden influir en las prácticas de manejo: si no se dispone de efectivo, es poco probable que el agricultor contrate trabajadores asalariados o adquiera herbicidas, por ejemplo. En

Cuadro 18. Principales prácticas de manejo en el sistema de abonera, norte de Honduras, 1992.

Práctica [a]	Primeras-últimas fechas	Criterios[b]	Insumo usado	Observaciones
Roza	Med. nov-fines ene	Madurez de la vainas-evitar la sequía	Machete	—
Siembra del maíz	Fines nov. - comienzos feb	Roza	Chuzo, semilla local	—
Control de la maleza	5–60 DDS	Crecimiento de la maleza, disponibilidad de mano de obra	Machete, azada o herbicida	1 ó 2 testigos
(Resiembra del frijol terciopelo)	Med. feb-med. mar	(Deficiencia en la resiembra natural)	Semilla del ciclo anterior	Rara vez se hace
(Fertilización)	40–60 DDS	(Disponibilidad de efectivo, necesidad percibida)	Urea (25–60 kg de N ha-1)	No usada en absoluto en algunas aldeas
Cosecha	Med. abr-med. jun	Necesidades familiares precios del mercado	—	—

Fuente: Encuesta de los autores, 1992.
Nota: DDS, días después de la siembra del maíz.
[a] Los paréntesis indican que las prácticas no son usadas por la mayoría de los agricultores.
[b] Los paréntesis indican que estos criterios no son aplicados por la mayoría de los agricultores.

general, las prácticas de los agricultores en toda la región siguen muy de cerca un modelo único de manejo de los cultivos, o itinerario técnico

(Cerf y Sébillotte 1988); esto indica el origen común de las prácticas y también que las condiciones ambientales de la región influyen considerablemente en las estrategias de manejo. Las variaciones en el manejo entre los campos, los sitios y los años representan ajustes tácticos a fluctuantes factores y condiciones agroecológicos o intrafami-Iiares y no estrategias de manejo inherentemente distintas (Cuadro 18).

Principales beneficios del sistema de abonera

En los capítulos siguientes intentaremos cuantificar y ordenar según su importancia las contribuciones reales de características específicas del sistema de abonera a su éxito agronómico y económico. No obstante, desde un punto de vista cuantitativo muchas de las características del sistema pueden ser examinadas en términos de los principales beneficios prácticos del sistema, sintetizados de la siguiente manera:

- El sistema de abonera requiere muy poca inversión de mano de obra. Los costos de establecimiento del frijol terciopelo son mínimos, los costos de mantenimiento son nulos y los costos de preparación de la tierra son más bajos que en el tradicional descanso arbustivo.

- El sistema de abonera permite a los agricultores aprovechar por completo la mejor temporada de cultivo del maíz, la postrera. Esta temporada se caracteriza por lluvias suficientes pero menos intensas, la abundancia de agua en el suelo, almacenada desde la temporada de lluvias anterior, maíz más sano, mejores condiciones para la cosecha y precios más altos en el mercado.

- La vegetación (los residuos del frijol terciopelo y el maíz) nunca se quema. El mantillo promueve condiciones favorables para la actividad biológica en la capa de abajo. Una vez descompuesto, el mantillo proporciona cantidades importantes de N y otros nutrimentos al cultivo de maíz. Durante todo el año, el mantillo protege el suelo de la exposición directa a la lluvia (y, por lo tanto, limita el potencial de erosión del suelo) y también ayuda a conservar el agua en el perfil del suelo, lo cual en los años de sequía puede amortiguar los efectos de la sequía en el cultivo de maíz.

- El mantillo y el barbecho de frijol terciopelo contribuyen al control de las malezas.

- Los rendimientos de maíz en los campos con frijol terciopelo duplican los obtenidos en los campos sin la leguminosa. Además, los rendimientos comienzan a aumentar un año después de la introducción del frijol terciopelo, hecho que contrasta con el período mucho más largo necesario para obtener beneficios con otras prácticas que requieren escasos insumos externos.

- El sistema de abonera permite el cultivo continuo del mismo campo año tras año, sin necesidad de extender los períodos de descanso.

En términos generales, estos beneficios son resultado de las propiedades intrínsecas de los sistemas de cultivo de roza y tumba (Bunch 1994; Thurston 1996). Sin embargo, los primeros dos beneficios son específicos del entorno del norte de Honduras o de la ecología de la planta de frijol terciopelo y, por consiguiente, tal vez no puedan ser generalizados a otros sistemas de mantillo u otras regiones, aspecto que se analizará más a fondo en los capítulos siguientes.

Las percepciones de los agricultores sobre el sistema de abonera

Los agricultores hondureños que siembran maíz de postrera en *aboneras* fácilmente identifican las razones de esto. Las entrevistas con los agricultores revelan un conocimiento avanzado de los efectos del sistema de abonera en la producción de maíz y de las ventajas del sistema en comparación con otros patrones de cultivo, como las rotaciones con descanso arbustivo y el cultivo continuo con insumos extemos. Los agricultores señalan que la fertilidad del suelo es mantenida por la “basura” u hojarasca que deja el frijol terciopelo y esto permite el cultivo anual sin reducciones de los rendimientos de maíz. También observan que la agresiva leguminosa ahoga las malezas y, de ese modo, facilita la preparación de la tierra antes de la siembra del maíz de postrera y reduce las poblaciones de malezas. Según los agricultores, el espeso mantillo dejado por el cultivo cortado de frijol terciopelo elimina las malezas en el campo de maíz y conserva la humedad del suelo durante el período relativamente seco del año. Los agricultores dicen que el mantillo muerto y el cultivo verde de frijol terciopelo protegen al suelo de la erosión durante todo el año. Algunos agricultores también

Cuadro 19. Evaluación de las ventajas del sistema de abonera efectuada por los adoptadores, norte de Honduras, 1992a.

	Clasificación según la importancia (%)	
Criterios	Primera selección	Segunda selección
1 Efecto “fertilizante” de la hojarasca de frijol terciopelo	39	20
2 Facilidad de la preparación de la tierra	23	28
3 Conservación de la humedad	22	25
4 Control de la maleza	8	24
5 Control de la erosión	8	3
Mayor productividad de la tierra (1, 3, 5)	69	48
Mayor productividad de la mano de obra (2, 4)	31	52

Fuente: Encuesta de los autores, 1992.

señalan que se reduce el daño causado al maíz por la gallina ciega porque los insectos prefieren comer el mantillo de frijol terciopelo antes que las plantas sanas de maíz. Estas percepciones permiten explicar el rápido ritmo de adopción del sistema de abonera en el norte de Honduras y los altos niveles de adopción general.

Durante la encuesta en las fincas, se pidió a los agricultores que clasificaran en orden de importancia cinco razones (comúnmente señaladas) para usar el sistema de abonera: el efecto fertilizante de los desechos de frijol terciopelo en descomposición; la facilidad de la preparación de la tierra (la roza); el control de la maleza en el siguiente cultivo de maíz; la conservación de la humedad proporcionada por el mantillo de frijol terciopelo y el control de la erosión (Cuadro 19). Se presentaron a los agricultores dibujos que ilustraban esas razones (véase el Apéndice II) y, después de analizar cada una de ellas, se pidió a los agricultores que seleccionaran la primera y la segunda razón más importantes para establecer una abonera.

Como se señala en la descripción de los métodos de la encuesta (Apéndice I), no se entrevistó a las mujeres por separado de los hombres y no se incluyó en la muestra a ninguna familia cuyo jefe fuera una mujer. En consecuencia, no sabemos si las diferencias entre los sexos afectaron las percepciones de los agricultores acerca de las ventajas y desventajas del sistema de abonera. Es importante investigar este aspecto porque las mujeres tienen cierta responsabilidad en la desyerba de los campos de maíz.

Si bien a todos los agricultores entrevistados se les hicieron esas preguntas, sólo se informan las respuestas de los agricultores que usaban *aboneras* en el momento de la entrevista. Numerosos no adoptadores tenían opiniones claras sobre la tecnología — lo que indica el conocimiento difundido del sistema de abonera — pero sus respuestas no difieren de las de los usuarios de la tecnología. Cuando se les preguntó directamente por qué no usaban el sistema de abonera, una abrumadora mayoría de los no usuarios señaló que carecían de tierras propias, algo que ya se mencionó antes y que se analiza más a fondo en el Capítulo 7.

Para la mayoría de los adoptadores (39%), la razón más importante para sembrar el maíz en una abonera era el efecto fertilizante de la hojarasca de frijol terciopelo en descomposición. La facilidad de la preparación de la tierra y la conservación de la humedad también fueron clasificadas en primer lugar por una gran proporción de los adoptadores. El control de la maleza fue seleccionado como la segunda razón más importante por la cuarta parte de los adoptadores, pero muy pocos agricultores lo mencionaron como la primera razón. El control de la erosión (una característica importante para los investigadores) fue seleccionado sólo por algunos agricultores como razón para usar la tecnología, aspecto que se analiza más adelante.

Las razones de los agricultores para adoptar el sistema de abonera se pueden agrupar en dos categorías (véase el Cuadro 19): los criterios vinculados básicamente con la productividad de la tierra (el efecto fertilizante, la conservación de la humedad, el control. de la erosión) y los criterios relacionados fundamentalmente con la productividad de la mano de obra (la facilidad de la preparación de la tierra y el control de la maleza). Consideradas en esta forma, más de dos terceras partes de los agricultores seleccionaron los efectos positivos en la productividad de la tierra como primera razón para usar la tecnología, mientras que los restantes dieron prioridad a los efectos del sistema de abonera en la productividad de la mano de obra. Sin embargo, hubo importantes interacciones entre estos dos grupos de criterios. El análisis de la primera y la segunda selección de los adoptadores revela que la mayoría (68%) escogió combinaciones de criterios vinculados con la productividad de la tierra y con la productividad de la mano de obra. Una cuarta parte de los agricultores entrevistados seleccionaron principalmente los criterios vinculados con la productividad de la tierra al exponer sus principales razones para usar la tecnología, mientras que el 7% seleccionó únicamente criterios relacionados con la productividad de la mano de obra. Este patrón indica que los criterios vinculados con la productividad de la tierra son las razones más importantes para los agricultores que usan el sistema de abonera, pero que el potencial del sistema de abonera de responder simultáneamente a restricciones en cuanto a tierras y mano de obra es altamente valorado. Este patrón también revela que la mano de obra es una consideración importante en la toma de decisiones de los agricultores.

La amplia gama de razones dadas por los agricultores para adoptar la tecnología y las diversas combinaciones de prioridades sugieren que sus razones para usar *aboneras* se vinculan con restricciones particulares de los recursos en su propio sistema. El análisis de las relaciones entre la primera selección de los agricultores y los recursos agrícolas indican que los agricultores que mencionaron principalmente criterios vinculados con la productividad de la tierra en su adopción del sistema de abonera tenían menos tierras (tierras en propiedad y tierras en descanso) y éstas eran de menos valor productivo (rendimientos más bajos del maíz en la temporada húmeda) que los agricultores cuya primera preocupación era la productividad de la mano de obra (Cuadro 20). Los agricultores que seleccionaron la facilidad de la preparación de la tierra o el control de la maleza como su primera razón para usar la tecnología tenían en promedio menos mano de obra familiar por unidad de superficie cultivada que aquellos que seleccionaron en primer término los criterios vinculados con la productividad de la tierra, pero estas diferencias no eran estadísticamente significativas.

Si bien las evaluaciones del sistema de abonera hechas por los adoptadores fueron muy favorables, las discusiones también revelaron posibles problemas con la tecnología. Los agricultores observaron que el sistema de abonera puede aumentar el riesgo de daño al maíz provocado por roedores. (Esta percepción estaba muy difundida, pero los investigadores encontraron pocas pruebas de un daño al maíz causado por roedores mayor en las *aboneras* que en los campos desmontados después del descanso arbustivo.) Los agricultores argumentaron que los roedores prefieren construir sus madrigueras en las *aboneras* ya que están más

Quadro 20. Relación entre los principales criterios de los adoptadores acerca del empleo del sistema de abonera y sus recursos agrícolas, norte de Honduras, 1992.

Principales criterios	Promedio de tierras poseídas (ha)	Promedio de la superficie en descanso (ha)	Rendimiento medio del maíz de la temporada de lluvias (kg ha^{-1})	Mano de obra familiar por superficie cultivada
Productividad	8.0	5.1	698	1.1

dé la tierra [a]				
Productividad de la mano de obra [a]	18.5	16.1	986	0.8
Prueba t	0.012	0.004	0.031	0.225

Fuente: Encuesta de los autores, 1992.
[a] Véase el Cuadro 19.

protegidas de los depredadores por el abundante mantillo de frijol terciopelo. Los agricultores también señalaron que las ratas provocan en las *aboneras* una proliferación de las serpientes, un riesgo para las personas que rozan el frijol terciopelo en el campo.

Los adoptadores en toda la región también expresaron su preocupación por el riesgo de derrumbes localizados de tierra en los campos sembrados con frijol terciopelo. Argumentaron que el frijol terciopelo asfixia a toda la vegetación restante y afloja el suelo, con lo cual se incrementa el riesgo de derrumbes de tierra durante el apogeo de la temporada de lluvias. En el Capítulo 5 se presenta un análisis más profundo de este problema, pero es importante recordar ahora que los derrumbes de tierra también se producen en los pastizales e, incluso, en los bosques autóctonos, principalmente a causa de la inestabilidad del suelo en las pendientes empinadas y las precipitaciones en extremo elevadas en la región.

Otra desventaja del sistema de abonera señalada por los adoptadores fue que el maíz de primera no se puede sembrar en un campo donde se usa ese sistema. El costo de oportunidad de la tierra sembrada con frijol terciopelo es una restricción ya mencionada, que se analiza más a fondo en el Capítulo 7.

Durante la encuesta en las fincas, también se presentaron a los adoptadores dibujos que ilustraban las tres principales desventajas del sistema de abonera (véase el Apéndice II) observadas durante las discusiones informales con los agricultores. Esas desventajas eran el riesgo de plagas (ratas y serpientes) y derrumbes de tierra y la pérdida de la oportunidad de sembrar maíz de primera. Se les pidió a los agricultores que indicaran cuál de estas posibles desventajas del sistema de abonera, si las había, les preocupaba.

Cuadro 21. Evaluación de las posibles desventajas del sistema de abonera efectuada por los adoptadores, norte de Honduras, 1992

	Proporción de los agricultores que respondieron (%)	
	Primera selección	Segunda selección
Plagas	46	12
Derrumbes de tierra	28	11
Pérdida de la oportunidad de sembrar maíz de primera	11	15
Ningún problema importante	15	62

Fuente: Encuesta de los autores, 1992.

El Cuadro 21 muestra que la mayor preocupación de los adoptadores era el riesgo de infestaciones de ratas (seleccionado por el 45%), seguida en importancia por el riesgo de derrumbes de tierra. Algunos agricultores mencionaron la falta de oportunidad de sembrar maíz en la primera temporada como problema del sistema de abonera. El resto de las respuestas establecieron que no había problemas de importancia.

Si bien los agricultores perciben problemas específicos del sistema de abonera, no se pudo encontrar ninguna relación entre esas percepciones y los problemas de plagas señalados, la pendiente de los campos o el tamaño de las fincas. No obstante, esto no significa que las preocupaciones sean ociosas o no influyan en el comportamiento de los agricultores. Algunos campesinos indicaron que en ocasiones queman sus cultivos de frijol terciopelo para reducir el riesgo de daño causado por las ratas al maíz, y otros afirmaron que evitaban ciertas condiciones del campo que consideraban demasiado arriesgadas para las *aboneras.* Sin embargo, casi unánimemente los agricultores consideran que estas restricciones son intrascendentes en comparación con los beneficios del sistema de abonera.

Durante la encuesta en las fincas, también se investigaron mediante comparaciones directas las percepciones de los agricultores acerca de los méritos relativos del sistema de abonera, los barbechos tradicionales y los fertilizantes comerciales. Se pidió a los agricultores que indicaran si preferían una abonera a un descanso arbustivo establecido (cuatro años o más) y que dieran las razones de su preferencia. Se hizo la misma comparación entre una abonera y un campo cultivado usando fertilizantes comerciales. Nuevamente, sólo se informan las respuestas de los adoptadores.

Una gran mayoría de los adoptadores indicaron que preferían la abonera a un campo en descanso arbustivo. Las razones de esta preferencia coincidían con las características del sistema de abonera señaladas antes. Los agricultores señalaron que una abonera es tan fértil como un campo recién desmontado después del descanso arbustivo. También dijeron que el mantillo creado por el sistema de abonera es más sustancioso que el dejado por un campo de maíz manejado en la tradicional rotación con descanso arbustivo y, por consiguiente, conserva mejor la humedad del suelo. Por último, los agricultores indicaron que una abonera es más fácil de limpiar que un campo manejado según el sistema de descanso arbustivo. En conjunto, estas respuestas revelan que los agricultores percibían el sistema de abonera como una estrategia de manejo de la tierra similar pero superior al descanso arbustivo.

Alrededor del 70% de los adoptadores manifestaron una clara preferencia por el sistema de abonera en comparación con un sistema de producción de maíz basado únicamente en fertilizantes comerciales para mantener la fertilidad del suelo. Una cuarta parte de los agricultores señalaron que los dos sistemas de cultivo eran igualmente atractivos, pero el resto prefirió los fertilizantes comerciales al sistema de abonera. La mayoría de los agricultores que manifestaron su preferencia por el sistema de abonera dieron como razón el alto costo de los fertilizantes comerciales y observaron además que los rendimientos eran similares con ambos sistemas. También prefirieron los beneficios proporcionados directamente por la abonera pero no por los fertilizantes comerciales, como la facilidad de la preparación de la tierra, el control de la maleza y la conservación de la humedad. Estos resultados indican que el sistema de abonera es percibido por los agricultores como un sustituto de bajo costo de los fertilizantes comerciales, con beneficios adicionales para el manejo.

Conclusiones

El sistema de abonera parece aproximarse mucho a una práctica ideal de cultivo para la agricultura en laderas. Sus principales características incluyen la roza de las plantas de frijol terciopelo cuando alcanzan la madurez fisiológica, no quemar los residuos de los cultivos, sembrar el maíz con chuzo en el mantillo de frijol terciopelo, basarse en la autosiembra natural del frijol terciopelo para su restablecimiento y dejar un barbecho con frijol terciopelo sin tocar durante seis meses en la principal temporada de lluvias. El sistema de abonera combina algunas de las características más convenientes de un sistema de cultivo sin labranza y con escasos insumos extemos, tanto desde la perspectiva de los científicos (conservación de los recursos, reciclaje de los nutrimentos, buena productividad; véase Sánchez 1994) como desde el punto de vista de los agricultores (baja inversión, beneficios a corto plazo, compatibilidad con los conocimientos existentes; véase Bunch 1993; Buckles y Perales 1995).

Este espacio en blanco intencionalmente dejado de la página

CAPITULO 5
LA AGROECOLOGIA DEL SISTEMA DE ABONERA

El sistema de abonera es similar a un barbecho breve mejorado. Después de cosechar el maíz, se abandona el campo al crecimiento espontáneo del frijol terciopelo. La función del barbecho con frijol terciopelo es ayudar a mantener e incrementar la productividad del suelo en beneficio del cultivo de maíz siguiente. No se obtienen beneficios económicos directos con la vegetación de barbecho en sí.

La espesa cubierta de mantillo que el frijol terciopelo deja en el suelo durante todo el año es una característica distintiva. En este aspecto, el sistema de abonera se asemeja más a los ecosistemas naturales, como los bosques tropicales con cubiertas de hojarasca, que a los sistemas de rotaciones de descanso y cultivo (véase Budelman 1988). Uno de los principales efectos del mantillo de frijol terciopelo es la mejor nutrición con minerales del cultivo de maíz. La cubierta de mantillo también tiene efectos favorables acumulativos en la fertilidad del suelo y reduce la erosión de éste, lo cual hace que el sistema de abonera sea una opción viable y productiva a largo plazo para el cultivo continuo en laderas.

En este capítulo se examinan dos aspectos esenciales del sistema de abonera para mostrar cómo funciona el sistema y cómo se relaciona con el clima, el suelo y otros aspectos del entorno que lo rodea. En primer término, se proporciona información inicial acerca del ciclo anual de los nutrimentos en el sistema de abonera, haciendo hincapié en la dinámica del N. Los principales aspectos considerados aquí incluyen la cuantificación de los insumos orgánicos, el ritmo y la distribución cronológica de la acumulación de N en las leguminosas, la descomposición del mantillo y la consiguiente acumulación de nitrógeno inorgánico (N_i) en el perfil del suelo. También se examina la absorción de N por el cultivo de maíz. Los datos para este análisis provienen principalmente de mediciones de la biomasa de frijol terciopelo efectuadas en los campos de los agricultores en el momento de la roza y de la observación del N_i presente en el perfil del suelo durante todo el ciclo del maíz en una submuestra de los campos (véanse los detalles en el Apéndice III).

Se ha estudiado la dinámica del N en numerosos agroecosistemas relacionados (Huntington et al. 1985; Ladd y Amato 1985; Yost et al. 1985; Glover y Beer 1986; Pichot et al. 1987; IRRI 1988; Yost y Evans 1988; Sanchez et al. 1989; van der Heide y Hairiah 1989; Palm y Sánchez 1990; Smyth et al. 1991; Kang y Mulongoy 1992; Haggar y Beer 1993). Son mucho menos frecuentes los datos empíricos provenientes de países en desarrollo acerca de los efectos a largo plazo de los sistemas de cultivo; esto obedece a los altos costos de mantener los experimentos (Pieri 1989; Swift et al. 1991; Sánchez 1994; Steiner 1995). En este capítulo se analiza la sostenibilidad agroecológica del sistema de abonera comparando los campos de los agricultores manejados continuamente conforme al sistema de abonera durante períodos de 1—15 años. Analizamos las muestras de suelo recogidas en cronosecuencias de la rotación frijol terciopelo-maíz en cuatro aldeas del norte de Honduras. El conjunto de propiedades examinadas incluye las cantidades de materia orgánica del suelo (MOS) en el perfil superior del suelo, la acidez del suelo y las bases intercambiables, el contenido de P, la infiltración, la densidad aparente y la macroporosidad (véanse los detalles en el Apéndice III).

El método de cronosecuencias permite hacer inferencias acerca de la evolución de un sistema al transcurrir el tiempo. Con el fin de obtener los datos para esto, en un determinado momento se realiza una encuesta comparativa en un conjunto de campos que supuestamente representan estados históricos sucesivos del sistema. El empleo de este sistema de sustitución del tiempo por el espacio es una práctica común en los estudios de ecología (Pickett 1988) y en las investigaciones sobre génesis de suelos. No obstante, es mucho menos frecuente en los estudios sobre sistemas de cultivo (Staley et al. 1988; Feller et al. 1991; Kleinman 1995), probablemente porque son raras las condiciones apropiadas para emplear esos sistemas de sustitución. Este método también entraña muchos supuestos que hacen que los análisis estén más expuestos al fracaso. Aun así, era la única alternativa a mano que no requiere por lo menos una década de observaciones antes de contar con una base de datos experimentales para la formulación de recomendaciones. Además, pensamos que un sistema de cronosecuencias era particularmente pertinente en el norte de Honduras, donde numerosos campos contiguos han sido manejados en forma similar durante diversos períodos.

El ciclo del nitrógeno

En esta sección se analizan las tendencias anuales en la biomasa aérea de frijol terciopelo y la dinámica del N y sus relaciones con la disponibilidad de N_i en el perfil del suelo durante el ciclo del maíz. Analizamos opciones de manejo para satisfacer las necesidades de N del maíz determinando los efectos de adiciones limitadas de fertilizante nitrogenado o fertilizante fosforado sobre la producción de maíz.

Principales componentes de la biomasa aérea

La biomasa aérea en la rotación frijol terciopelo-maíz incluye varios componentes fundamentales cuyo contenido de nutrimentos o contribuciones relativas a la biomasa total varían según las fases de la rotación (Figura 11). Como primera simplificación, la biomasa aérea puede ser dividida en las fracciones “viva” y “muerta.” La fracción viva comprende el frijol terciopelo en crecimiento (de junio a diciembre) o el maíz en crecimiento y las malezas que lo acompañan (entre diciembre y mayo). El contenido de biomasa de esta fracción varia mucho durante el año, lo cual refleja las diversas fases de la rotación frijol terciopelo-maíz. No obstante, en todos los casos la única biomasa que se retira de los campos de frijol terciopelo son las mazorcas de maíz: las cañas y las hojas del maíz quedan en el lugar y no se apacienta el ganado en el frijol terciopelo ni se cosecha éste como forraje o grano.

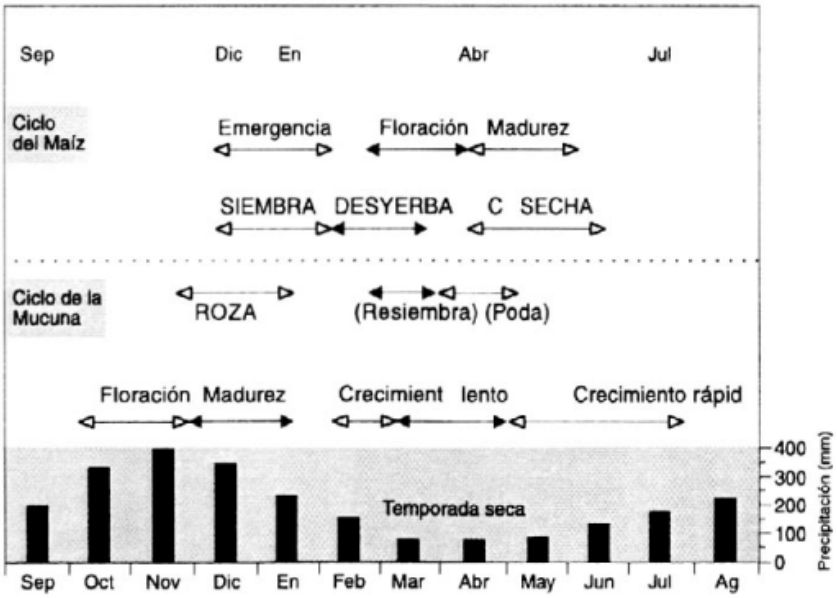

Figura 11. Principales fases del sistema de abonera. Nota: las flechas indican los períodos durante los cuales la mayoría de los agricultores usan una determinada práctica.

La fracción muerta está constituida por un mantillo muerto o capa de hojarasca en sentido estricto, que cubre por completo la superficie del suelo todo el año. Los componentes de la hojarasca incluyen una mezcla dinámica de partes del frijol terciopelo en descomposición, las malezas en descomposición cortadas por los agricultores durante el ciclo del maíz o asfixiadas por el frijol terciopelo durante la temporada principal y las cañas u hojas de maíz en pudrición. El contenido de biomasa en esta capa siempre es alto y aporta sistemáticamente más del 50% del total de biomasa aérea encontrada en un campo de frijol terciopelo en cualquier momento. El contenido de biomasa alcanza sus niveles más altos después de la roza del frijol terciopelo y, nuevamente, después de la incorporación de las cañas y hojas de maíz en la hojarasca.

La biomasa y el contenido de nutrimentos del frijol terciopelo en la roza

La roza del cultivo vivo de frijol terciopelo constituye el momento crucial en la rotación con la leguminosa. Consideraremos ahora dos aspectos fundamentales de la roza: la cantidad de biomasa presente en ese momento y su composición.

Contenido total de biomasa

En las cuatro aldeas incluidas en la muestra en diciembre de 1993 (Las Mangas, Piedras Amarillas, Río Cuero y San Francisco de Saco), los niveles medios de biomasa aérea total tuvieron una amplitud relativamente estrecha, de 10.7—12.4 t ha^{-1}, sobre la base de la MS (Cuadro 22), si bien las diferencias entre los sitios fueron estadísticamente significativas. Asimismo, la variabilidad de un año a otro en un mismo sitio fue moderada (Cuadro 23), aunque la biomasa fue considerablemente menor en diciembre de 1992 que en los dos ciclos siguientes. Las mayores diferencias se presentaron entre los campos en el mismo año y el mismo sitio. Por ejemplo, en San Francisco de Saco en 1992 el mínimo en los campos individuales fue de 6.1 t ha^{-1}, mientras que el máximo superó las 15 t ha^{-1}(Cuadro 23). La variabilidad en un mismo campo fue escasa en promedio (estadísticamente no significativa), si bien en algunos casos se encontraron diferencias de varias toneladas por hectárea entre áreas de muestreo dentro de un solo campo.

La estabilidad general de la producción de biomasa (un coeficiente de variación de menos del 15%) probablemente obedece a una combinación de factores. En primer lugar, la biomasa total incluye un fuerte componente de hojarasca semipermanente, el cual sólo es afectado parcialmente por las fluctuaciones estacionales del clima y el desarrollo de la planta. Además, la duración del ciclo del frijol terciopelo (un mínimo de ocho meses) probablemente permite a la población de frijol terciopelo y malezas compensar en la temporada de crecimiento cualquier efecto desfavorable que reduzca temporalmente el desarrollo. Para ir más allá de la biomasa total y captar su composición real, subdividimos la fracción viva en tres subfracciones — el material verde (hojas y tallos finos del frijol terciopelo), las vainas y los tallos de frijol terciopelo (en parte lignificados — que reflejan las diferencias morfológicas y funcionales de los componentes de esta fracción.

Por una parte, las proporciones de las diversas subfracciones eran relativamente estables en los distintos sitios (Cuadro 22): 10–15% de material verde y 14–22% de los tallos. (Como muestra el Cuadro 23, es interesante observar que casi siempre no había malezas vivas en el momento de la roza; las malezas presentes al final del ciclo del maíz son incorporadas en el mantillo de hojarasca). Por otra parte, la producción de vainas varió mucho entre los sitios (Cuadro 22): las vainas constituían desde el 6% hasta el 24% de la biomasa total (la amplitud de valores fue mayor en las comparaciones entre los campos). Esta variabilidad también se observó en los distintos años (Cuadro 23). La fracción de hojarasca (muerta) constituyó en promedio cerca del 60% del peso total de la materia seca, o 5–9 t ha^{-1} (Cuadro 22). De ese modo, la roza anual en diciembre agregó sólo 4–6 t ha^{-1} de MS nueva a la hojarasca ya existente, en sí una mezcla no determinada de hojarasca reciente y antigua. (Las raíces agregan probablemente otras 1–2 t de MS nueva a este total [Lathwell 1990; Hairiah 1992]).

Características de las fracciones de la biomasa

En los distintos sitios, las cantidades de N y las razones C–N fueron bastante uniformes en los diversos componentes de la biomasa (Cuadro 24). Las vainas tuvieron la mayor cantidad de N (un 3% en promedio); los tallos tuvieron la menor cantidad (menos de 2%), lo cual se traduce en una razón C–N superior a 23. La fracción de hojarasca tuvo cantidades relativamente altas pero variables de N dentro de un mismo sitio: alrededor de 2.65% en promedio, con las consiguientes razones C–N bajas de 16–18. La hojarasca tuvo un valor $d^{13}C$ cercano a -26 (d^{13} es una medida de la abundancia relativa de ^{13}C en los tejidos vegetales [Mariotti 1991]). Los valores de N y $d^{13}C$ indican que la fracción de hojarasca en la roza recibió un aporte del frijol terciopelo, una planta C3, mayor que el de las hojas y cañas de maíz (una planta C4 con un valor $d^{13}C$ cercano a -13) o de las malas hierbas C^4 (*R. cochinchinensis* en el caso de San Francisco de Saco) que predominan en numerosos campos de frijol terciopelo del norte de Honduras. En contraste, cuando el frijol terciopelo no se restableció por sí mismo

Cuadro 22. Biomasa aérea en los campos de frijol terciopelo de cuatro sitios en la época de la roza, norte de Honduras, diciembre de 1993.

		t de MS ha^{-1}			% de la biomasa total			
	(*n*)	Biomasa total	Mínimo	Máximo	Material verde [a]	Vainas[b]	Tallos[c]	Hojarasca[d]
San Francisco de Saco	32	12.4±2.15*a*	7.0	16.3	11±5	6+4	14+4	69+6
Las Mangas	29	11.0±1.4*b*	8.8	13.9	10±5	24±6	22±4	45±8
Río Cuero	21	10.7+1.6*b*	8.6	14.5	15±6	7±5	18±5	60±8
Piedras Amarillas	19	11.3±1.9*ab*	8.6	16.2	15+5	13±7	19+5	53±8
Promedio	101	11.4±1.9	7.0	16.3	12±6	13±9	18±5	57±12

Nota: Cada celda representa el promedio en el sitio, seguido de su desviación estándar. MS, materia seca.
[a] Material foliar y tallos tiernos.
[b] Incluyendo las semillas inmaduras.
[c] Tallos viejos, en parte lignificados y posiblemente a punto de podrirse.
[d] Material muerto, incluyendo las hojas recién caídas.
a, *b* Los promedios seguidos de la misma letra dentro de una columna no difieren en forma significativa según la prueba de Tukey con la tasa del 10% de las familias.

Cuadro 23. Variabilidad interanual de la biomasa aérea en los campos de frijol terciopelo en la época de la roza, San Francisco de Saco, norte de Honduras, 1992—1994.

	(n) [a]	Biomasa total [b] (t de MS ha^{-1})	Mínimo (t de MS ha^{-1})	Máximo (t de MS ha^{-1})	Hojarasca (% de la biomasa total)	Vainas (% de la biomasa total)	Malezas vivas (t de MS ha^{-1})	Total de N (kg ha^{-1})
1992	44	10.8±2.3*b*	6.1	15.9	61	NA	(0.0) [c]	263±75
1993	32	12.4±2.1*a*	7.0	16.3	69	6	(0.0)	313±65
1994	22	12.6±2.7*a*	8.6	17.0	64	16	(0.6)	ND
Promedio	98	11.7±2.5	6.1	17.0	64	10	—	284±75

Nota: MD, materia seca; ND, (informaci6n) no disponible.
[a] Cantidad de parcelas incluidas en la muestra.
[b] Promedio ± desviación estándar.
[c] Los paréntesis indican que sólo algunas parcelas tenían malezas o que las cantidades por parcela no eran significativas.
a, *b* Los promedios seguidos de la misma letra dentro de una columna no ditieren considerablemente según la prueba de Tukey con la tasa del 10% de las familias.

Cuadro 24. Algunas características de la biomasa aérea en los campos de fríjol terciopelo de cuatro sitios en la época de la roza, norte de Honduras, diciembre de 1993.

Propiedad		Material verde [a]	Vainas [b]	Tallos [c]	Hojarasca [d]
N (%)	Promedio	2.88	3.03	1.94	2.61
	Mínimo	1.83	2.43	1.54	1.86
	Máximo	3.70	3.59	2.49	3.26
C–N ratio	Promedio	15.50	14.90	23.40	17.70
$d^{13}C$[e]	Promedio	-26.80	-25.20	-26.20	-24.80

[a] Material foliar y tallos tiernos.
[b] Incluyen las semillas inmaduras.
[c] Tallos viejos, en parte lignificados y posiblemente a punto de podrirse.
[d] Material muerto, incluyendo las hojas recién caídas.
[e] $d^{13}C$ = la razón entre los átomos de ^{13}C y los de ^{12}C, expresados en unidades delta.

adecuadamente durante el ciclo de verano de 1994, la biomasa en la siguiente roza tuvo una proporción mucho mayor de malezas, con un contenido más bajo de N (menos de 2%) y valores $d^{13}C$ más bajos en la fracción de hojarasca (-15 a -20).

Contenido de nitrógeno

El Cuadro 25 muestra el contenido total de nitrógeno en la biomasa aérea promediado en los cuatro sitios. Como sucedió con la biomasa total, el contenido total de nitrógeno fue similar en todos los sitios y llegó a casi 300 kg ha^{-1} en promedio. Nuevamente, se observó la principal variación entre los campos: en San Francisco de Saco, por ejemplo, el contenido cayó a 100 kg ha^{-1} en un campo y, a la inversa, llegó a casi 500 kg ha^{-1} en otro. Como el contenido de N fue bastante similar en todos los sitios, el N total dependió principalmente de las cantidades de biomasa, más que del contenido de N de las diversas fracciones.

En consecuencia, casi el 60% del N presente en la roza fue encontrado en la hojarasca, más que en las subfracciones vivas. Las vainas contenían en promedio un bajo porcentaje del N total, excepto en Las Mangas, donde representaron casi el 25% del total de N, en concordancia con la elevada proporción de biomasa de vainas en este sitio. Como las semillas de frijol terciopelo con el tiempo germinarán, no se espera que la mayor parte de este N de las vainas esté disponible para el reciclaje posterior mediante la descomposición.

Cuadro 25. El nitrógeno en la biomasa aérea en los campos de frijol terciopelo de cuatro sitios en la época de la roza, norte de Honduras, diciembre de 1993.

	N (kg ha^{-1})					
	Material verde [a]	Vainas [b]	Tallos [c]	Hojarasca [d]	Total	Hojarasca (% del total de N)
Promedio [e]	40±20	42±30	39±11	174±59	295+58	58+13
Minímo	2	1	11	68	164	26
Máximo	95	140	74	322	504	81

[a] Material foliar y tallos tiernos.
[b] Incluyen las semillas inmaduras.
[c] Tallos viejos, en parte lignificados y a punto de podrirse.
[d] Material muerto, incluyendo las hojas recién caídas.
[e] Cada celda representa el promedio de los sitios (*n* = 101), seguido de su desviación estándar.

Contenido de nutrimentos

Si bien el N es el nutrimento de mayor interés en este análisis, también fue importante la acumulación de otros nutrimentos esenciales (Cuadro 26). Hubo una considerable variabilidad entre los sitios, pero el "complejo" frijol terciopelo acumuló grandes cantidades de Ca (140 kg ha^{-1} en promedio, 70% de esa cantidad en la hojarasca) y K (100 kg ha^{-1}, 82% en las subfracciones vivas). Incluso se encontró P (15–20 kg ha^{-1}, 45% en la hojarasca) en cantidades adecuadas para las necesidades de un cultivo de maíz con rendimientos moderadamente altos.

Comportamiento estacional de la cubierta de frijol terciopelo

Examinaremos ahora con más detalle cómo un cultivo de frijol terciopelo en primer término acumula MS y nutrimentos, antes de liberar ambos en la descomposición.

La acumulación de biomasa durante la temporada de lluvias

Las dos fases principales del ciclo del frijol terciopelo son la vegetativa, desde febrero y marzo (resiembra del frijol terciopelo) hasta comienzos de octubre, y la reproductiva, desde octubre a diciembre, época en la cual el frijol terciopelo comienza a morir en forma natural, aun sin la roza. La fase vegetativa abarca la temporada seca y la primera mitad de la temporada de lluvias, mientras que la fase reproductiva se produce durante el apogeo de esta última temporada.

Después de autosembrarse, entre febrero y marzo, el frijol terciopelo crece con relativa lentitud a causa de la sombra que proporciona el cultivo de maíz totalmente desarrollado. Además, tiene que soportar ya sea las operaciones de

Cuadro 26. Nutrimentos (distintos del N) presentes en la biomasa aérea del frijol terciopelo de cuatro sitios en la época de la roza, norte de Honduras, diciembre de 1993.

Nutrimentos	Promedio [a]	Mínimo	Máximo
Total de P (kg ha^{-1})	20±7	14	28
% del total de P en la hojarasca	45±14	31	58
Total de K (kg ha^{-1})	100±24	82	114
% del total de K en la hojarasca	18±9	11	27
Total de Ca (kg ha^{-1})	140±37	111	159
% del total de Ca en la hojarasca	70±10	62	78
Total de Mg (kg ha^{-1})	26+7	22	32
% del total de Mg en la hojarasca	56±12	45	67

[a] Cada celda representa el promedio de todos los campos incluidos en las muestras de cuatro sitios, seguido de su desviación estándar. Los tamaños de las muestras fueron 32, 29, 21 y 19 para San Francisco de Saco, Las Mangas, Río Cuero y Piedras Amarillas, respectivamente.

poda de los agricultores en los años de mucha lluvia (véase el Capítulo 4) o condiciones en extremo cálidas y secas cuando el ciclo de invierno es más seco de lo habitual. Las malezas no controladas por los agricultores también pueden competir vigorosamente con las jóvenes plantas de frijol terciopelo por la luz, los nutrimentos y el agua. Comúnmente no es hasta después de la cosecha del maíz y el retorno de las lluvias (fines de mayo o comienzos de junio) que las condiciones se vuelven favorables para un crecimiento rápido del frijol terciopelo, que lleva al cierre total del follaje en unas semanas. Para mediados del verano, un campo típico tiene una población densa y relativamente uniforme de frijol terciopelo. Para entonces, las hojas y cañas del maíz han sido tumbadas e incorporadas en la hojarasca por el agresivo desarrollo de los tallos de frijol terciopelo, que usaron los tallos de maíz como sostén. Las malezas por lo general han sido reducidas a una presencia marginal para ese momento, ya que el frijol terciopelo gradualmente asfixia a la mayoría de las malezas presentes al final del ciclo de maíz. El frijol terciopelo empieza a florecer a comienzos o mediados de octubre, aparentemente en respuesta a los días más cortos (no está claro cuán estrictamente fotoperiódico es el frijol terciopelo). En ese momento, un campo típico de frijol terciopelo en el norte de Honduras ha acumulado alrededor de 10 t de MS ha^{-1}, y cerca del 40% de la MS corresponde a la fracción viva y algo más del 60% a la capa de hojarasca (véase el Cuadro 23).

La acumulación de biomasa no se detiene en la floración. Durante el ciclo de 1993, la biomasa total aumentó de 10 t ha^{-1} a mediados de octubre (floración temprana) a 12 t ha^{-1} un mes después y a 14 t ha^{-1} después de otras 3–4 semanas (Cuadro 27). La acumulación de MS pareció afectar la capa de hojarasca más que la fracción viva. Entre mediados de octubre y mediados de noviembre, la biomasa contenida en la fracción viva permaneció aproximadamente estable, alrededor de 3.5 t ha^{-1}, o menos del 30% de la biomasa total, y aumentó alrededor de 1 t ha^{-1}para la época de la roza a mediados de diciembre, probablemente como resultado de la acumulación de MS en las vainas mismas. Por otra parte, la biomasa de hojarasca aumentó notablemente (de 6.4 t ha^{-1} a mediados de octubre a 8.7 t ha^{-1}a mediados de noviembre, y a casi 10 t ha^{-1} en la roza; no se muestran esos datos), lo cual puede indicar que, si bien el frijol terciopelo no muere masivamente hasta que se lo corta, comienza a decaer antes o poco después de la floración cuando se caen las hojas y se interrumpe el mantenimiento de su extensa red de tallos.

Como era de esperarse, la acumulación total de N en el complejo de frijol terciopelo coincidió con las tendencias observadas en relación con la biomasa total. En todas las fracciones el total de N aumentó de 289 kg ha^{-1} a mediados de octubre a 334 kg ha^{-1} a mediados de noviembre, y a 367 kg ha^{-1} para la época de la roza (Cuadro 27), lo cual da una tasa global de acumulación de N de unos 1.3 kg ha^{-1} d^{-1}. Nuevamente, la situación varió en forma notable en cada fracción: mientras que la fracción viva aparentemente no acumuló un incremento neto de N durante el período de dos meses, la fracción de hojarasca aumentó 89 kg ha^{-1}. También esto, junto con una disminución de la razón C—N, concuerda con la

Cuadro 27. Acumulación y descomposición aparente de MS y N en la biomasa aérea en los campos de frijol terciopelo, San Francisco de Saco, norte de Honduras, octubre de 1993 a mayo de 1994.

	Acumulación			Descomposición		
	Oct	Nov	Dic	Dic	Mar	May
Total de biomasa (t de DM ha^{-1})	10.1±1.4	12.0±2.2	14.2±1.2	12.6±1.8	8.6±2.2	10.6±2.2
Total de N (kg ha^{-1})	289±54	334±62	367±51	316±63	198+50	235±67

Nota: Las fechas reales fueron 15 de octubre de 1993,15 de noviembre de 1993, comienzos de marzo de 1994, fines de mayo de 1994 y variable en diciembre de 1993 y 1994, como una función del momento real de la roza para cada agricultor. MS, materia seca.

transferencia neta de biomasa desde la fracción viva a la fracción de hojarasca mediante la caída de las hojas, como se supuso antes. Esto tiene importantes implicaciones para la liberación y el reciclaje de los nutrimentos, que significativamente comienzan antes de la roza del frijol terciopelo y siguen estrechamente la adición de este material nuevo rico en N a la capa de hojarasca, donde la precipitación abundante favorece su rápida descomposición. Otras pruebas de que esto es lo que sucede son las cantidades de N_i en el perfil del suelo (véase más adelante).

La descomposición del mantillo durante la temporada seca

Una vez que los agricultores han cortado la masa de frijol terciopelo, la descomposición es el principal proceso que afecta la capa de hojarasca. Los datos presentados en el Cuadro 27 muestran las tendencias de la descomposición entre diciembre de 1993 y mayo de 1994, un período más seco de lo normal en la región. El cuadro muestra tasas aparentes, más que reales, de la descomposición porque los muestreos periódicos de material no aislado hicieron imposible separar la descomposición de la hojarasca en sí de la hojarasca renovada mediante la adición de biomasa de malezas durante las operaciones de control de la maleza.

La biomasa de hojarasca pareció disminuir notablemente al principio, de 12.6 t ha^{-1} en la roza a 8.6 t ha^{-1} a comienzos de marzo, que equivalen a una pérdida de unos 45 kg ha^{-1} d^{-1}. No obstante, desde marzo hasta fines de mayo, la biomasa total presente en la capa de hojarasca pareció incrementarse y llegó a 10.6 t ha^{-1}. Si bien éste puede ser un efecto artificial originado por los procedimientos de muestreo aproximado, el aumento también puede reflejar las repercusiones de las prácticas de control de la maleza durante el período de febrero a marzo. La idea de que la roza de las malezas o el secado de ellas con paraquat (véase el Capítulo 2) en realidad aporta biomasa nueva a la capa de hojarasca es una interpretación apoyada por un análisis del etiquetado *in situ,* proporcionado por los valores $d^{I3}C$ (Balesdent et al. 1988).

Según esos cálculos, la hojarasca original de frijol terciopelo se descompuso con relativa rapidez desde diciembre a comienzos de marzo y perdió el 43% de peso durante ese período, y después se descompuso con mucha más lentitud y perdió sólo un 6% adicional (Cuadro 28). Las malezas controladas por los agricultores aportaron cantidades significativas de hojarasca nueva en el mismo período: para fines de mayo, las malezas parecían representar casi el 40% de la hojarasca encontrada (4 t ha^{-1} de una hojarasca total de 10.6 t ha^{-1}). Este cuadro no incluye la biomasa de las malezas vivas, que puede fluctuar entre 0.5 y 4 t de MS ha^{-1}. En cuanto al N, la situación fue similar a la de la biomasa: el total de N (de toda la hojarasca) cayó bruscamente entre diciembre y marzo, de 316 kg ha^{-1} a 198 kg ha^{-1}, y aumentó nuevamente a 235 kg ha^{-1} para fines de mayo, en forma paralela al aparente incremento de biomasa (véase el Cuadro 27). Usando el mismo tipo de cálculos sobre la abundancia natural antes mencionados, estimamos las cantidades de N restantes en la fracción original de frijol terciopelo (Cuadro 28). El contenido de N bajó de 316 kg ha^{-1} a 176 kg ha^{-1} a comienzos de marzo, y a 171 kg ha^{-1} a fines de mayo. Parece que, en promedio, la hojarasca liberó unos 140 kg ha^{-1} de N en los primeros 80 días posteriores a la roza, y menos de 5 kg ha^{-1} en los 80 días subsiguientes (sin embargo, era enorme la variabilidad asociada con ambas estimaciones).

Es probable que estas cifras aproximadas, obtenidas en un ciclo muy seco, representen estimaciones inferiores al promedio del N liberado durante un ciclo de invierno típico (es decir, bastante húmedo), en especial después de marzo, cuando normalmente hay por lo menos unas cuantas lluvias importantes. Sin embargo, el comportamiento de la cubierta de frijol terciopelo durante las dos fases (liberación rápida y luego, lenta) parece concordar con las observaciones de la descomposición de abonos verdes en otros lugares (Bouldin 1988).

La dinámica del nitrógeno en el sistema suelo-maíz

El principal objetivo de esta sección es conocer mejor la relación entre el N proporcionado por la hojarasca en descomposición-MOS y la demanda y absorción de N por el cultivo de maíz (en términos de las cantidades y la sincronización).

Cuadro 28. Estimaciones de la hojarasca y el N que quedaron en los campos de frijol terciopelo en diversos momentos después de la roza, San Francisco de Saco, norte de Honduras, diciembre de 1993 a mayo de 1994.

	Fecha de muestreo [a]		
	Comienzos de dic de 1993	Comienzos de mar de 1994	Fines de may de 1994
$d^{13}C$ en la hojarasca [b]	-25.7±2.0	-24.2+2.3	-22.6±2.0

Hojarasca original restante (t ha^{-1})[c]	12.6±1.8	7.2+2.2	6.6±2.6
Malezas en la hojarasca (t ha^{-1})	(None)	1.4±1.4	4.0±2.3
N original restante (kg ha^{-1})[c]	316±63	176±52	171±66
N liberado (kg ha^{-1})	—	140±94	(5±76)

[a] La fecha real de muestreo varía según el campo; los valores entre paréntesis son aproximaciones.
[b] Promedio ponderado (según la biomasa) del ^{13}C en las diversas fracciones que constituyen la hojarasca.
[c] "Original" significa que la hojarasca o el N ya estaban presentes en la roza; véanse en el texto los supuestos. Cada cifra representa el promedio de 18 parcelas.

Este aspecto es fundamental para la productividad global del sistema ya que el N liberado por el frijol terciopelo tiene poco valor directo para el cultivo de maíz a menos que su disponibilidad coincida con la demanda de N del cereal.

Patrones temporales del nitrógeno inorgánico

La Figura 12 muestra los patrones temporales generales del N_i (la suma de $N0_3$-N y NH4-N [kg ha^{-1}] entre los 0 y 60 cm del perfil del suelo) en los ciclos de maíz de 1992—1993 y 1993–1994 en una serie de campos vecinos con frijol terciopelo bien establecido (cada uno de ellos con 5–14 años de empleo continuo de la rotación frijol terciopelo-maíz). En la figura se pueden observar varias características:

- Todos los campos mostraron un comportamiento relativamente homogéneo en cuanto al período en que el N_i alcanzaba su valor máximo y en cuanto a la rapidez con que cambiaba esa cantidad. La similitud del patrón en un mismo año y en distintos años ilustra la homogeneidad del manejo en los campos y la fuerte influencia de factores y condiciones ambientales (además del suelo) al configurar los procesos de mineralización del N.

- Cada año, el N_i alcanzó un marcado valor máximo unos 30 días después de la roza, seguido de una rápida disminución en las 3 ó 4 semanas siguientes. Las cantidades máximas de N_i observadas se aproximaron a los 100 kg ha^{-1} en ambos años (el máximo observado fue de 115 kg ha^{-1} y el mínimo, 70 kg ha^{-1}). Nunca estuvieron por debajo de los 30–50 kg ha^{-1} de N_i, aun durante el período de máxima absorción por el maíz.

- Como el maíz se siembra inmediatamente después de la roza, se puede lograr una sincronización satisfactoria entre el N liberado por el mantillo de frijol terciopelo en descomposición y el absorbido por el cultivo de maíz. La marcada reducción observada en las cantidades de N_i disponible entre los 30 y los 80 ó 90 días (1993–1994) — período durante el cual desaparecieron 60–80 kg ha^{-1} de N_i — coincidió con períodos de intensa absorción por el cultivo (véase más adelante). Además del maíz, es probable que las malezas se hayan beneficiado con las elevadas cantidades de N_i disponible, en especial en las primeras semanas después de la roza, cuando el maíz crece con lentitud.

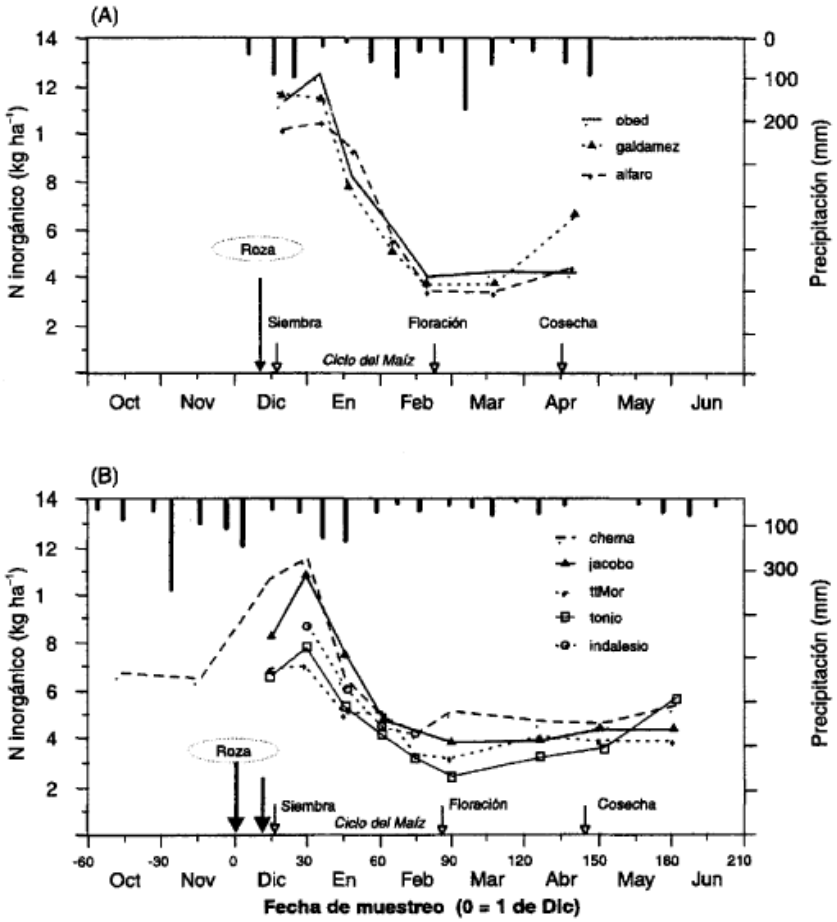

Figura 12. Dinámica estacional del nitrógeno inorgánico en el estrato de 0 a 60 cm del perfil del suelo en campos con *Mucuna* bien establecidos, San Francisco de Saco, norte de Honduras: (A) ciclo de 1992–1993; (B) ciclo de 1993–1994. Nota: cada punto representa el promedio de tres repeticiones.

- Había una reserva común considerable de N_i (40 kg ha^{-1} o más) en el perfil aun cuando el maíz no estaba creciendo. Esto es particularmente evidente en los datos de 1993—1994, que abarcan un período más prolongado (de octubre a junio). En especial, las cantidades relativamente altas de N_i (alrededor de 60–70 kg ha^{-1}) encontradas en el perfil en octubre-noviembre (es decir, bastante antes de la roza) pueden indicar que la descomposición activa se produce en el complejo de cubierta de hojarasca-MOS durante las lluvias más intensas, cuando el frijol terciopelo todavía está creciendo. Esta tendencia concuerda con el aumento de la biomasa de hojarasca causado por la caída de las hojas, ya mencionado.

La distribución del nitrógeno inorgánico por estrato

A medida que avanzó el ciclo (es decir, a medida que el maíz pasó de la emergencia a la floración), el perfil gradualmente perdió N_i en todas las profundidades. Hacia fines del ciclo de maíz, la disponibilidad de N_i tendió a aumentar nuevamente, en particular en el estrato superior, que se convirtió en el principal contribuyente al N_i total. Aun en 1993–1994, un ciclo seco, la proporción de N_i del estrato superior llegó a alrededor del 50% del total de N encontrado en el perfil.

La dinámica que afecta el primer estrato en el transcurso del tiempo y la diferencia observada entre el estrato superior y el inferior probablemente reflejan la influencia de la absorción por el maíz y la maleza, ya que las raíces en forma preferencial absorben el N_i de los estratos superficiales. En términos de concentraciones, el orden mostró un fuerte gradiente — estrato 1 > estrato 2 > estrato 3 — situación que es típica de un sistema de labranza cero con una cubierta de hojarasca. Las disminuciones de las concentraciones en los diversos estratos al pasar el tiempo pueden obedecer a la decreciente disponibilidad de sustrato y humedad, que son ambos factores esenciales en el proceso de descomposición.

El nitrógeno liberado por la hojarasca en descomposición

La hojarasca en descomposición por sí sola pareció liberar unos 100 kg ha^{-1} en los primeros 80 días posteriores a la roza (este valor difiere del señalado en el Cuadro 28 porque se calculó sólo en los campos donde se investigó el N_i). No se ha definido cuánto de este N llegó a la solución de suelo, ya que el N puede haberse volatilizado (Costa et al. 1990) o haber sido inmovilizado por la fauna que habita en la hojarasca, o simplemente haber sido interceptado por las raíces de las plantas en la interfaz hojarasca-suelo antes de entrar en el perfil del suelo (Schlather 1997).

El nitrógeno liberado por la mineralización del nitrógeno orgánico del suelo

Se puede obtener una estimación del N mineralizado proveniente de la MOS durante el ciclo del maíz calculando las tasas de mineralización del N orgánico almacenado en el perfil del suelo. El clima era tropical húmedo y, en promedio, el contenido de humedad de los diversos estratos favorecía la mineralización desde diciembre hasta por lo menos comienzos de marzo; por consiguiente, las tasas de mineralización en el estrato de 0 a 10 cm pueden haber llegado al 1—1.5% del N presente en este período de tres meses (sobre la base de una tasa anual de 4–6%). Si se suman los aportes estimados de los distintos estratos, el N mineralizado en los 0–60 cm originado en la reserva común de N orgánico del suelo únicamente podría haber contribuido unos 50–75 kg de N_i ha^{-1} entre comienzos de diciembre y principios de marzo, agregando un aporte considerable (hasta del 50%) a las cantidades de N liberado por la hojarasca en descomposición.

Los presupuestos de nitrógeno

Sumando las cifras correspondientes a las principales fuentes o sumideros de N en el transcurso del ciclo del maíz, se pueden calcular los presupuestos aproximados de N en diversas etapas de ese ciclo (Cuadro 29). Los elementos que se consideran en este análisis incluyen lo siguiente:

- La hojarasca sobre la superficie, cuya dinámica se examinó anteriormente.
- El cultivo de maíz, con el supuesto de que la curva de absorción de N en el tiempo tuvo la forma $a/(1 + b \exp -ct)$, donde a, b y c son constantes de ajuste y t es el tiempo (Hunt 1982).
- Las malezas, que constituyen otro factor importante pero variable tanto en la absorción (en especial cuando es deficiente el control de las malezas) como en el reciclaje del N (de hecho, a causa de la forma en que se combaten las malezas [son cortadas en forma manual o desecadas con paraquat], se puede esperar que la mayor parte del N de las malezas sea reciclado más tarde durante el ciclo de crecimiento [Lambert y Arnasón 1989]).
- El N_i encontrado en los 0–60 cm del perfil del suelo (su cantidad refleja la mineralización del N orgánico tanto de la hojarasca como del suelo).

El N no determinado (obtenido como diferencia entre el total de N en una determinada etapa y el total de N en la roza) es una medida de la idoneidad de la anterior representación (y medición) de las diversas reservas de N (Legg y

Cuadro 29. Presupuestos de N estimados en varias etapas del ciclo del maíz, San Francisco de Saco, norte de Honduras, invierno de 1993–1994.

	N (kg ha^{-1})					
Etapa	Hojarasca [a]	Maíz [b]	Malezas [c]	N_i del suelo [d]	Total de N	N no determinado [e]
Campo A						
Roza	335	0	0	90	425	—
30 DDS	284	7	30	96	417	-8
50 DDS	255	45	10	54	363	-61
70 DDS	225	90	20	45	380	-45
Cosecha	272	100	41	45	458	33
Campo B						
Roza	299	0	0	80	379	—
30 DDS	264	7	30	75	376	-4
50 DDS	244	47	10	45	346	-34
70 DDS	224	94	20	39	377	-2
Cosecha	217	105	46	42	411	31
Campo C						
Roza	238	0	0	68	306	—
30 DDS	234	6	30	48	318	12
50 DDS	231	41	10	46	329	22
70 DDS	229	83	20	32	364	57
Cosecha	204	92	33	38	368	61
Campo D						
Roza	312	0	0	67	379	—
30 DDS	284	7	30	53	374	-5
50 DDS	266	47	10	39	362	-17
70 DDS	248	94	15	26	384	5

Cosecha	253	105	17	33	408	29

Nota: cada valor representa el promedio de tres repeticiones. DDS, días después de la siembra.
[a] Total de N encontrado en la biomasa aérea (fracción viva + fracción muerta), que se mide.
[b] Total de N en la biomasa aérea del maíz, estimado usando una función de logit, excepto en la época de la cosecha, cuando se mide.
[c] Total de N en la biomasa de las malezas, estimado excepto en la época de la cosecha, cuando se mide.
[d] N inorgánico medido en el estrato de 0–60 cm del perfil del suelo.
[e] Calculado como total de N_e – total de N_{roza}, donde *e* es la etapa en cuestión del ciclo del maíz.

Meisinger 1982). En general, estos presupuestos parecen ofrecer aproximaciones razonables, ya que el N no determinado representa cantidades relativamente pequeñas (un pequeño porcentaje del total de N en la roza, con desviaciones máximas de 10–20%). En otras palabras, los diversos componentes tomados en cuenta al calcular estos presupuestos (hojarasca, cultivo, malezas y N_i en el perfil) parecen ser los más importantes, con pocas posibilidades de pérdidas mediante la lixiviación u otras formas de inmovilización del N.

La lixiviación del nitrógeno

En un entorno rico en N expuesto a precipitaciones abundantes, la lixiviación es el destino probable del N liberado por la hojarasca en descomposición y el suelo; los cálculos obtenidos antes para los presupuestos de N corroboran la función de la lixiviación. Siguiendo un método ideado por Jones (1975), estimamos las tasas aparentes de lixiviación calculando en cada campo la profundidad media del N_i con diversas fechas de muestreo y efectuando la regresión en la cantidad acumulativa de precipitación. Los resultados de estos cálculos mostraron que en ambos ciclos (1992—1993 y 1993–1994) no se manifestó un movimiento descendente del N_i.

Esta evidencia indirecta, combinada con las indicaciones de los presupuestos de N y la observación del N_i, señala que la lixiviación probablemente no es una fuente importante de pérdida de N en el sistema del frijol terciopelo, al menos no durante el ciclo del maíz. Sin embargo, puede ser el resultado de la liberación gradual de N de la hojarasca en descomposición y la retención temporal de N en las malezas, la cual cumpliría una función significativa al proteger al N de la lixiviación a comienzos del ciclo de crecimiento del maíz. Esto ocurre cuando las lluvias todavía son frecuentes e intensas y el cultivo de maíz no puede absorber mucho N. No obstante, se requieren más datos para estimar más cabalmente las pérdidas por lixiviación.

El nitrógeno almacenado o inmovilizado en alguna otra forma

Además de la absorción por las plantas, hay dos probables sumideros para el N liberado por la descomposición de la hojarasca y la MOS: la biota del suelo y la hojarasca o la MOS en sí. No se dispone de datos sobre la primera, si bien se puede esperar que la biomasa microbiana, en particular, muestre una fuerte esta-cionalidad en respuesta a la mayor disponibilidad del sustrato producido por la roza. Es muy probable que la renovación de este N sea relativamente rápida (Duxbury et al. 1989) y, por consiguiente, es posible la liberación neta de parte de él, aun dentro del ciclo del maíz, todavía a tiempo para la posterior absorción por las plantas.

La prueba de la función a largo plazo de la MOS como un sumidero está constituida por la tendencia generalmente positiva observada en los valores del N orgánico del suelo en el estrato de 0–10 cm (véase más adelante): desde alrededor de 0.2% en los campos testigos donde nunca se ha cultivado frijol terciopelo, a más de 0.3% en los campos donde es antiguo el cultivo del frijol terciopelo. El incremento gradual observado en el transcurso de los años corresponde a un almacenamiento global de unos 50–80 kg de N ha^{-1} al año, en promedio. No está claro cuánto de este almacenamiento anual se produce durante el ciclo del maíz.

El reciclaje del nitrógeno y la fijación de N_2

Por lo común se supone que gran parte del N en las rotaciones leguminosa-cereal proviene de la fijación biológica. Durante nuestro estudio no efectuamos mediciones directas de esto, pero los datos reunidos acerca del reciclaje del N nos permiten realizar algunas estimaciones indirectas.

Sin tener en cuenta las pérdidas por lixiviación y volatilización y suponiendo cantidades estables de las reservas microbianas de N en el transcurso de los años, consideramos dos mecanismos mediante los cuales se mantienen abiertos los ciclos anuales del N: la eliminación de nutrimentos por conducto de la cosecha (grano únicamente) y el almacenamiento a largo plazo en la MOS (al menos hasta que el sistema casi alcanza el equilibrio).

Cada término que representa unos 50–80 kg ha^{-1} al año, un total de 100–150 kg de N ha^{-1} al año, debe ser obtenido de una fuente externa para compensar la pérdida o el almacenamiento. Puede ingresar cierta cantidad de N gracias a la precipitación o la fijación no simbiótica (tal vez 20–30 kg ha^{-1} al año [Wetselaar y Ganry 1982]), pero es más probable que la mayor parte del nitrógeno se obtenga mediante la fijación simbiótica de N_2 por el mismo cultivo de frijol terciopelo. Hasta que se efectúen mediciones directas *in situ,* parece razonable concluir que un cultivo de frijol terciopelo puede fijar entre 70 y 130 kg de N ha^{-1} por ciclo.

A la inversa, hasta 200–300 kg de N ha^{-1}, o alrededor de dos tercios del N total, son simplemente reciclados en el sistema cada año. El cultivo de frijol terciopelo (y en mucha menor medida las malezas) parece ser el candidato primario para recoger todo N disponible, a causa de la gran biomasa que acumula, la cantidad de tiempo que tiene para realizar esa tarea (casi seis meses como cultivo único o principal) y las condiciones altamente favorables para la mineralización y la descomposición de la hojarasca encontradas durante este período húmedo. Además, se puede esperar que el frijol terciopelo aproveche tanto como sea posible la amplia provisión de N_i presente en el entorno, en lugar de incurrir en los altos costos de energía que implica fijar todo el N que necesita (Giller y Wilson 1991).

La respuesta del maíz al nitrógeno

En esta sección, examinamos si la provisión “natural” de N proveniente de la biomasa de frijol terciopelo satisface las necesidades de N de un

cultivo de maíz y cuán sensible es éste a las cantidades de N presentes en el sistema suelo-plantas. Los dos principales aportes de N para un cultivo de maíz en el sistema del frijol terciopelo son, por una parte, el N proporcionado por las fracciones de biomasa de frijol terciopelo en descomposición que constituye la hojarasca y, por otra, el N orgánico del suelo, los cuales gradualmente liberan N en la mineralización. El fertilizante nitrogenado puede constituir una tercera fuente para los agricultores que pueden invertir en ese insumo costoso (de hecho, a nivel regional el 40% de los agricultores lo hacen; véanse los Capítulos 2 y 3).

El fertilizante puede, en el mejor de los casos, agregar flexibilidad al manejo del sistema del frijol terciopelo, ya que el frijol terciopelo puede de manera casi instantánea aumentar la disponibilidad de N para la absorción por la planta, más allá del N liberado espontáneamente por el complejo orgánico suelo-hojarasca. Puede entonces contribuir a rendimientos más altos, para los cuales se necesita una gran cantidad de N en etapas críticas del crecimiento del cultivo, cualquiera que sea la fuente del N (orgánica o química). Sin embargo, agregar aun más N tal vez sea un empleo antieconómico del precioso efectivo y la mano de obra, así como una contribución inconveniente a la lixiviación del N en el entorno, dadas las grandes cantidades de N presentes en el sistema del frijol terciopelo.

La respuesta del maíz al nitrógeno acumulado por el frijol terciopelo en la roza

Los datos sobre la respuesta del maíz al N acumulado por el frijol terciopelo en la roza incluyen el contenido de N de la hojarasca en la roza, el contenido de N en las espatas de las mazorcas de maíz en la emisión de estigmas y los rendimientos de maíz. Evidentemente, hay otros factores además de la provisión de N que influyen en las relaciones entre esas variables. Sin embargo, se manifiestan una serie de tendencias (Figura 13).

En primer lugar, hubo diferencias altamente significativas ($P < 0.001$) entre las concentraciones en las espatas de las mazorcas del maíz en los distintos sitios. Asimismo, se encontraron diferencias muy significativas ($P < 0.001$) entre los distintos años en un mismo sitio. En 1993, el maíz pareció haber logrado un estado nutricional en cuanto al N (% medio de N = 2.81) mejor que en 1994 (% medio de N = 2.41), si bien los niveles de la provisión potencial de N, medidos según el contenido de N de la biomasa, fueron similares en ambos años. Fue evidente una débil tendencia de los rendimientos a aumentar en respuesta a los correspondientes incrementos en las concentraciones en las espatas de las mazorcas del maíz.

Usando un método interpretativo basado en curvas envolventes (Siband y Wey 1994), inferimos que la provisión de N posiblemente podría haber sido limitante si hubiera menos de 70 kg ha^{-1} presentes en la fracción viva (lo cual se traduce en cantidades de biomasa total en la roza menores a 8 t ha^{-1}). Al exceder este umbral, el maíz no parecía tener una respuesta clara al contenido de N ya que los rendimientos aparentemente se estabilizaron alrededor de las 5–5.5 t ha^{-1}. La mayoría de los campos de frijol terciopelo tenían cantidades de N superiores a los 70 kg ha^{-1}, el umbral mencionado antes, pero también tenían rendimientos muy inferiores a la supuesta estabilización (2–3 t ha^{-1}, en comparación con 5 t ha^{-1}). Esto puede indicar la probabilidad de que existan factores limitantes distintos de la provisión potencial de N. En conjunto, la falta de una tendencia clara en la Figura 13 revela que la provisión potencial de N no limitó los rendimientos del maíz.

La respuesta del maíz a la adición de fertilizante nitrogenado

En esta sección se examina cómo el maíz en el sistema del frijol terciopelo respondió a una sola dosis de urea-N aplicada según una tasa de 50 kg ha^{-1}. Se aplicó el fertilizante no como sustitución del N de la hojarasca de frijol terciopelo en descomposición sino como complemento de esta fuente orgánica. Mientras que los resultados anteriores provinieron exclusivamente de los datos de la encuesta, el análisis del fertilizante se realizó estableciendo un total de 14 experimentos simples en fincas con repeticiones.

La variabilidad de la respuesta al fertilizante nitrogenado

La variabilidad de la respuesta de un campo a otro y en un mismo campo (de una repetición a otra) fue importante (Cuadro 30). En términos prácticos, refleja el hecho de que ciertos campos no presentaron ninguna respuesta al N (o ésta fue muy débil), mientras que otros respondieron intensamente (en algunos casos hubo aumentos del rendimiento de alrededor de 1 t ha^{-1}). Tres de los 10 campos analizados en 1993—1994 mostraron una respuesta al N estadísticamente significativa, mientras que siete no presentaron ninguna respuesta significativa cuando se los consideró en forma individual.

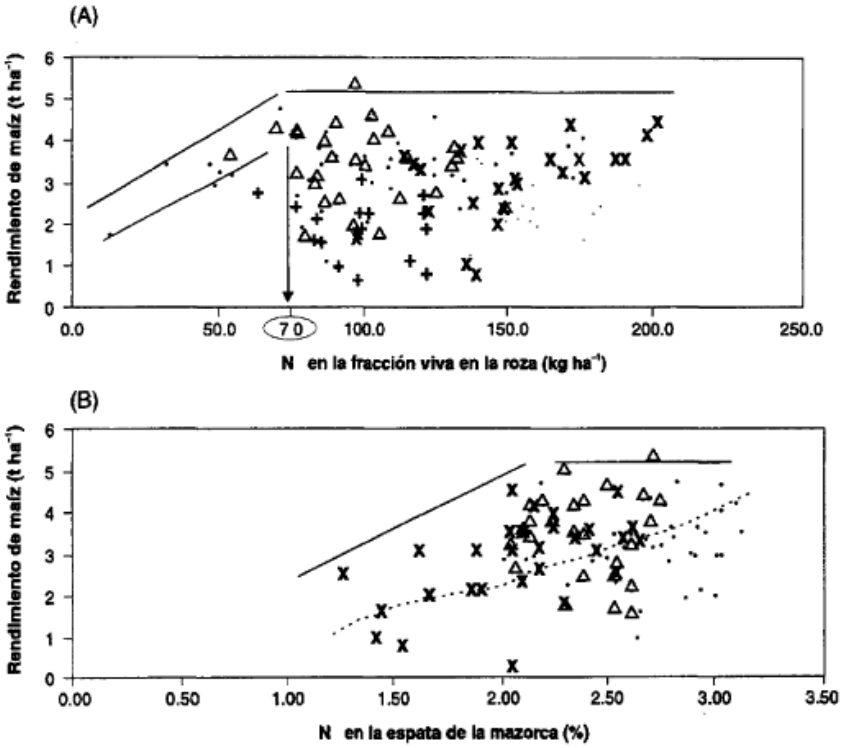

Figura 13. Relación entre los rendimientos de maíz y el contenido de N de (A) la biomasa y (B) la espata de la mazorca de maíz, norte de Honduras, ciclos de 1992–1993 y 1993–1994. Nota: cada punto representa el promedio de tres (en 1993–1994) o cuatro (en 1992–1993) repeticiones. El término "roza" se refiere a la fecha aproximada del corte manual de la *Mucuna*, que se deja descomponer sobre la superficie del suelo. Los términos "siembra, floración y cosecha" se refieren a las fechas aproximadas de esos procesos en el ciclo del maíz. •, San Francisco de Saco, 1993; ?, San Francisco de Saco, 1994; **X,** Las Mangas, 1994; •, Piedras Amarillas, 1994; + Río Cuero, 1994.

La respuesta media al N por sitio (en todos los campos) fue notablemente diferente en los distintos años. En 1992—1993 (un ciclo de invierno relativamente húmedo), el maíz no mostró ninguna respuesta significativa al N y no hubo aumentos en los rendimientos medios con la aplicación del fertilizante nitrogenado (P = 0.21).

No obstante, en 1993–1994 la respuesta global al N fue muy significativa (P < 0.01), con un aumento medio del rendimiento de alrededor de 0.6 t ha^{-1} en comparación con los casos no fertilizados. Resulta interesante que se observara un comportamiento similar en el estado nutricional del maíz en cuanto al N: los síntomas visuales de carencias de N, casi ausentes en 1993, estaban difundidos en 1994 y las concentraciones de N en las espatas de las mazorcas en la emisión de estigmas en 1994 fueron mucho más bajas que en 1993 (véase la Figura 13) y también fueron considerablemente afectadas por la aplicación del fertilizante (2.31% sin N en contraste con 2.50% con N en 1993–1994; P < 0.0001).

El hecho de que el fertilizante sea ventajoso en un año relativamente seco pareciera contradecir los conocimientos tradicionales. Sin embargo, no es sorprendente si se considera que las condiciones más secas retrasan la descomposición del mantillo superficial sin afectar demasiado drásticamente la disponibilidad de agua en el perfil del suelo. De hecho, el patrón de la precipitación y los suelos bastante profundos característicos de las laderas del norte de Honduras permiten que el maíz de invierno comience a crecer con un perfil del suelo que contiene hasta 300 mm de agua almacenada, la cual sirve como amortiguador contra períodos secos en potencia prolongados. Además, un suelo con mantillo puede conservar de manera eficiente esa agua almacenada (Steiner 1994).

Posibles causas de la respuesta diferencial al nitrógeno

La marcada variabilidad detectada en la respuesta del maíz al N (que fue confirmada nuevamente en una serie de 15 ensayos con fertilizante nitrogenado efectuados en San Francisco de Saco y Río Cuero en el ciclo 1994–1995 [Barreto, comunicación personal, 1993[3]]) plantea el interrogante de por qué un determinado campo o bloque de frijol terciopelo responde al fertilizante nitrogenado. Efectuamos una evaluación cualitativa de este problema analizando los valores tomados de una serie de posibles factores que afectan la respuesta del maíz al N, usando tres clases de respuesta de incremento al N obtenidas en las repeticiones: ninguna, débil y fuerte (Cuadro 31).

Este análisis reveló algunas diferencias estadísticamente significativas (P = 0.01) entre las repeticiones pertenecientes a la clase 0 (ninguna respuesta) por una parte, y, por otra, entre las repeticiones pertenecientes a las clases 1 y 2 (respuestas débiles y fuertes, respectivamente). En particular, las repeticiones de la clase 0 presentaron los rendimientos de maíz más altos, el mejor estado del maíz en relación con el N y las cantidades más altas de N orgánico del suelo.

---

[3]H. J. Barreto, agrónomo, Centro Internacional de Agricultura Tropical, comunicación personal, 1996.

Cuadro 30. Respuesta de rendimiento de un cultivo de maiz a la aplicación de fertilizante en campos bien establecidos de frijol terciopelo, San Francisco de Saco, norte de Honduras, 1992–1993 y 1993–1994.

	Aumento del rendimiento (t ha^{-1})											
	Ciclo 1992–1993				Ciclo de 1993–1994							
Tratamiento	Campo A [a]	Campo B [b]	Campo C [c]	Promedio de los sitios [d]	Campo D [b]	Campo E [b]	Campo F [b]	Campo G [a]	Campo H [e,f]	Campo I [e,f]	Campo J [e,f]	Promedio de los sitios [d]
Ningún fertilizante	3.67	4.31	3.35	3.80±0.72	4.06	3.94	3.43	4.15	3.34	4.93	4.13	3.98±0.60
+N	0.03 NS	0.02 NS	0.02	0.02±0.56	0.89*	0.40**	0.76**	0.50 NS	0.58 NS	0.45 NS	0.70 NS	0.61±0.59
+P	0.25 NS	0.07 NS	−0.03	0.09±0.90	0.25 NS	0.24*	0.30 NS	0.42 NS	—	—	—	0.22±0.66
+N+P	0.34 NS	0.17 NS	1.26	0.45±0.64	0.85 NS	0.99 NS	0.77 NS	0.79 NS	0.53	0.72	1.56	0.87±0.71

Nota: Respuesta al fertilizante expresada como aumento del rendimiento con respecto al rendimiento obtenido sin el fertilizante.
[a] Véase texto.
[b] Promedio de tres repeticiones.
[c] Sólo una repetición.
[d] Promedio ± desviación estándar.
[e] Promedio de dos repeticiones.
[f] +P omitido en estos campos.
*,** Significativo con P = 0.05 y P = 0.01, respectivamente; NS, no significativo.

Cuadro 31. Algunas variables asociadas con tres clases de incrementos del rendimiento de maíz medidos en bloques experimentales individuales con la aplicación de 50 kg de urea-N ha^{-1}, norte de Honduras, 1992–1993 y 1993–1994.

Variable	Clase 1 (<0.3 t ha^{-1})	Clase 2 (0.3–0.7 t ha^{-1})	Clase 3 (>0.7 t ha^{-1})
Aumento medio del rendimiento (t ha^{-} [a])	-0.18±0.34	0.43±0.11	0.90±0.14
Rendimiento sin N (t ha^{-1})[b]	4.41 ±0.47	3.32±0.58	3.74±0.48
Total de N del suelo (0–10 cm) (%)	0.28±0.04	0.24±0.04	0.25±0.02
N en las espatas de las mazorcas en la emisión de estigmas (%)	2.73±0.40	2.36±0.41	2.42±0.17
Total de N en la roza (kg ha^{-1})[c]	309±57.0	268±34.0	297±35.0
N en el material verde en la roza (kg ha^{-1})[d]	38±17.0	31±18.0	40±23.0
N en la hojarasca en la roza (kg ha^{-1})[e]	183±68.0	161 ±39.0	190±48.0

Nota: Cada valor representa el promedio de la clase, seguido de su desviación estándar. Número de muestras: 11,17 y 8 para las clases 1, 2 y 3, respectivamente.
[a] Calculado para cada bloque como rendimiento medio con N – rendimiento medio sin N.
[b] Rendimiento medio del bloque con los tratamientos en los que no se aplicó N.
[c] Total de N en la biomasa aérea en la roza.
[d] N en la fracción verde (hojas + tallos tiernos).
[e] N en la fracción muerta.

Mientras que el contenido de N de la producción de frijol terciopelo fue equivalente en las distintas clases, las repeticiones que no mostraron ninguna respuesta al fertilizante nitrogenado en promedio habían sido cultivadas durante más tiempo en el sistema del frijol terciopelo que las repeticiones que respondían en forma marcada al N (10 años o más para las primeras y siete años para las últimas), lo cual indica que la respuesta al N es más probable en los campos de frijol terciopelo más jóvenes que en los más antiguos. Todas las otras variables, que reflejaban condiciones ambientales (como la precipitación recibida) o del manejo (como la fecha de control de la maleza), presentaron niveles similares en todas las clases.

Conocimientos prácticos de los agricultores sobre la dinámica de los nutrimentos y la fertilidad del suelo

Los datos provenientes de la observación del N_i mostraron que, al sembrar en forma deliberada el maíz casi inmediatamente después de la roza, los agricultores ponían a sus cultivos en una buena posición para aprovechar la descarga de N_i que ingresaba en el perfil del suelo, lo cual de hecho produjo una sincronización casi ideal de la absorción por el cultivo y el N del entorno. Hay otras consideraciones, además de la disponibilidad de nutrimentos, que restringen la elección de la fecha para la roza y la siembra. La roza tiene que ser retrasada hasta que se produzcan semillas viables (véase el Capítulo 4). Sin embargo, el intervalo durante el cual es conveniente efectuar la roza también depende de la necesidad de evitar posibles sequías o la competencia de la maleza. Dadas estas restricciones, los agricultores parecen dispuestos a adaptar

inteligentemente el manejo a la ecología del frijol terciopelo sin tratar de modificar sus parámetros básicos.

Muchos agricultores no usan fertilizante nitrogenado cuando cultivan el maíz en rotación con el frijol terciopelo, a pesar de que, en general, se puede obtener en el lugar y conocen su empleo. Cuando se les preguntó por las razones para no usar fertilizante nitrogenado, muchos dijeron claramente que una razón importante (aun antes de considerar los costos) para no aplicar urea al maíz en rotación con frijol terciopelo era que sus campos no la necesitaban. De hecho, consideran al frijol terciopelo como un abono verde producido *in situ*, que sustituye al fertilizante externo. Como se señaló anteriormente, no es una coincidencia que el nombre local del frijol terciopelo sea “frijol de abono”. Por el contrario, los agricultores reconocen sin dificultad que el maíz sembrado sin frijol terciopelo responde marcadamente a las aplicaciones de fertilizante nitrogenado.

En síntesis, si bien los agricultores del norte de Honduras nunca han experimentado oficialmente con los patrones de descomposición y fertilización del frijol terciopelo, muchos de ellos han asimilado en gran parte los conocimientos prácticos acerca del empleo del frijol terciopelo en sus operaciones de manejo. Pasaremos ahora al análisis de las tendencias a largo plazo usando un método de cronosecuencias en cuatro sitios distribuidos en el norte de Honduras.

Modificaciones a largo plazo de las propiedades del suelo

Modificaciones generales del contenido de materia orgánica del suelo en el estrato de 0–10 cm

La Figura 14 muestra las modificaciones de los contenidos de C y N en el estrato de 0–10 cm en una sola aldea, San Francisco de Saco. Como era de esperar, la variabilidad para un determinado grupo de edad es alta, pero las tendencias exhibidas por los contenidos de C y N son lo bastante sistemáticas para ser estadísticamente muy significativas. En términos de promedios, el contenido de N aumentó de 2.11% a 2.5% en 11 años, un aumento total de 20% (1.7% anual). La modificación del contenido de N fue aun más marcada, un aumento de 0.21% a 0.28% y a 30% (2.5% anual).

En cuanto a la región, las tendencias observadas en San Francisco de Saco no fueron totalmente confirmadas en otros sitios. En Las Mangas, aparentemente

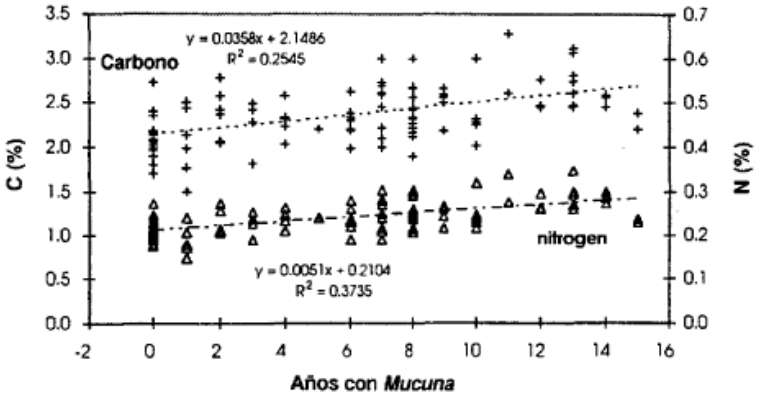

Figura 14. Modificaciones relativas de los contenidos totales de C y N del estrato de **0–10** cm en el sistema del frijol terciopelo, San Francisco de Saco, norte de Honduras. Nota: cada punto representa una parcela de observación; la líneas de punto representan las regresiones de mínimos y errores estándares.

no hubo modificaciones de los de sólo siete años de la rotación con frijol terciopelo (Figura 15). Además, las cantidades de C o N encontradas en las parcelas testigo varían considerablemente de un sitio a otro, lo cual sin duda refleja las diferencias en las condiciones edafoclimáticas y, tal vez, en los antecedentes agrícolas de las aldeas (el hecho de que San Francisco de Saco presentara las cantidades más bajas de ambos elementos parece concordar con su menor altitud y con su condición de ser la colonia más antigua entre los sitios estudiados). En ningún caso las parcelas más antiguas de frijol terciopelo tuvieron menos C o N que las parcelas testigos. Expresado en forma conservadora, la rotación de frijol terciopelo pareció permitir al menos conservar las cantidades iniciales de C y N, a pesar del continuo cultivo anual.

La distribución de la materia orgánica del suelo en el estrato superior del suelo

Se recogieron muestras del suelo cada 2.5 cm en los 15 cm superiores del perfil del suelo para verificar si la acumulación de C afectaba principalmente los centímetros superiores del perfil del suelo, como es de esperar en todo sistema de cultivo con labranza cero (Follett y Peterson 1988; Barreto 1989; Dalal et al. 1991). La Figura 16 muestra que las modificaciones del contenido de C fueron

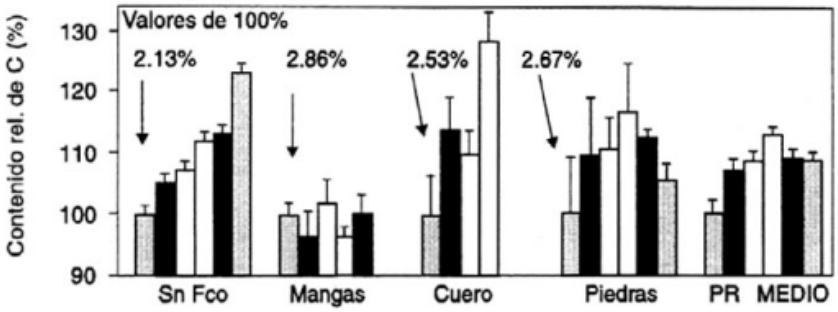

Figura 15. Modificaciones relativas del contenido de C del estrato de 0–10 cm en el sistema del frijol terciopelo en cuatro sitios, norte de Honduras. Nota: cada barra representa el promedio de una determinada clase de edad y sitio, culminada por su error estándar. San Francisco de Saco; Mangas, Las Mangas; Cuero, Río Cuero; Piedras, Piedras Amarillas.

significativas en los primeros 5 cm del perfil del suelo, en especial en el estrato de 0–2.5 cm, en el cual el aumento relativo fue de alrededor del 50% en un decenio (de 3% a 4.5%). En el estrato de 2.5–5 cm, en el mismo período el aumento fue del 40%, con un valor máximo de 2.8%. Contrariamente, no se detectaron aumentos evidentes en los estratos entre los 7.5 y 15 cm: todas las parcelas tuvieron un contenido uniforme de C, cualquiera que fuera su edad.

Además, el método de regresión en el análisis de estos dos estratos en ambos casos produjo un término cuadrático que estadísticamente significativo. Esto puede indicar que se produce una estabilización de la acumulación de C después de 9—10 años de rotación.

Modificaciones de las propiedades químicas

Una hipótesis razonable acerca de la evolución a largo plazo del perfil del suelo es que es probable que se produzca una acidificación en un entorno tropical húmedo como el del norte de Honduras, ya que los posibles desequilibrios entre una amplia provisión de N proveniente de la biomasa de frijol terciopelo y la moderada absorción por el cultivo de maíz podrían inducir rápidamente una lixiviación significativa del N, junto con sus cationes acompañantes (Bouldin 1989; Cahn et al. 1993). Sin embargo, los resultados de las pruebas del suelo para

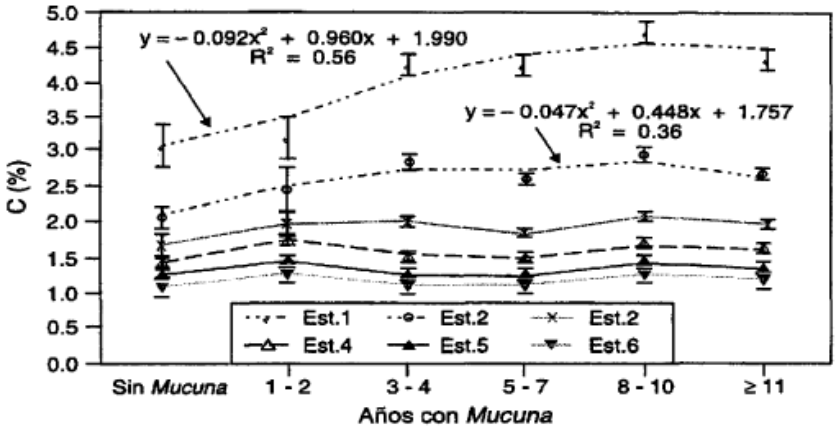

Figura 16. Modificaciones de la distribución del C orgánico cada 2.5 cm en los primeros 15 cm del perfil del suelo, bajo la influencia de la rotación frijol terciopelo-maíz, San Francisco de Saco, norte de Honduras. Nota: las barras verticales representan los errores estándar. Estrato 1,0–2.5 cm; estrato 2,2.5–5 cm; estrato 3, 5–7.5 cm; estrato 4, 7.5–1.0 cm; estrato 5, 10–12.5 cm; estrato 6, 12.5–15 cm.

determinar el pH y el Ca y el Al intercambiables no apoyaron esta hipótesis (Figura 17). En San Francisco de Saco, después de 15 años de uso continuo de la rotación con frijol terciopelo, el Ph pareció haber permanecido bastante constante, alrededor de 6.0, en todo el perfil del suelo (hasta los 60 cm), con tal vez una ligera tendencia (no significativa) a aumentar con el tiempo. Del mismo modo, las cantidades de Ca y Mg intercambiables (Cuadro 32) parecieron haber aumentado con el tiempo en todas las profundidades en tres de los cuatro sitios, para alcanzar niveles cercanos a los 15 cmol(+) kg^{-1}. Con estos niveles del Ph y las bases intercambiables, no se espera encontrar iones libres de Al, una condición confirmada por los resultados de las pruebas del suelo. En otros sitios se obtuvieron resultados similares aunque menos claros.

El aumento de bases intercambiables también ha sido observado en otros sistemas con mantillo (Lal 1989; Hulugalle et al. 1990); puede ser atribuido a las grandes adiciones anuales de CA y Mg por conducto de la biomasa de frijol terciopelo, que llegan a más de 150 kg ha^{-1} al año en el caso del Ca, o al equivalente de más de 0.6 cmol(+) kg^{-1} de Ca en el caso del estrato de 0–10 cm. Sigue siendo objeto de especulaciones cómo y de qué fuente moviliza este Ca el

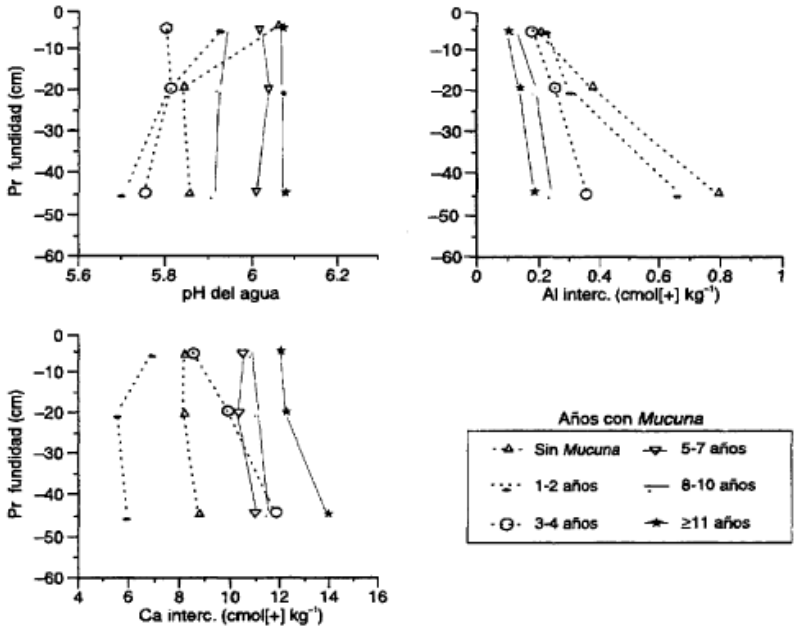

Figura 17. Modificaciones del pH y los contenidos de Al y Ca en el transcurso del tiempo en la rotación frijol terciopelo-maíz, San Francisco de Saco, norte de Honduras. Nota: cada punto representa el promedio en la clase de edad para cada estrato.

Cuadro 32. Modificaciones del contenido de Ca intercambiable en el estrato de 0–10 cm en cuatro sitios, norte de Honduras.

	Ca intercambiable (cmol[+] kg^{-1})					
		Años con *Mucuna*				
Sitio	Sin *Mucuna*	1–2	3–4	5–7	8–10	>11
San Francisco de Saco	8.7	6.9	8.8	10.7	11.1	12.0
Las Mangas	18.6	20.6	19.4	18.9	20.9	(23.9) [a]
Río Cuero	6.9	8.7	7.5	8.4	—	—
Piedras Amarillas	9.8	13.6	11.8	10.2	8.5	7.6

[a] Sólo una muestra de Las Mangas para esta clase de edad; los paréntesis indican que el valor es una aproximación.

frijol terciopelo. En síntesis, la ausencia de acidificación del suelo concuerda con la anterior observación de que, si bien fue alta la disponibilidad de N_i en potencia lixiviable durante el ciclo del maíz, hubo pocas pruebas de una lixiviación real del N_i.

El fósforo

Junto con el N, el P es un factor limitante muy común en la producción de cultivos en todas las zonas tropicales. En los sistemas que incluyen una leguminosa para proveer N, la escasez de P con frecuencia se convierte en un obstáculo importante para obtener rendimientos sostenidos (Schlather 1997). En consecuencia, el mantenimiento de una provisión adecuada de P disponible a lo largo del tiempo es un aspecto crítico en el sistema del frijol terciopelo.

En los distintos sitios, hay una variabilidad considerable tanto en las tendencias detectadas como en las cantidades de P disponibles. No obstante, de manera general la opinión conservadora es que la disponibilidad de P parece permanecer bastante estable en el sistema del frijol terciopelo, a pesar de las exportaciones anuales (mediante la cosecha) que llegan a unos 15–20 kg ha^{-1} al año, una observación que concuerda con la falta de respuesta del sistema del frijol terciopelo al fertilizante fosforado (véase el Cuadro 30). Como sucede con todos los demás nutrimentos, la descomposición de la biomasa de frijol terciopelo es sin duda una fuente importante de P disponible: las adiciones anuales de P por conducto de la biomasa aérea llegan a alrededor de 15–20 kg ha^{-1}.

Modificaciones de las propiedades físicas

Analizamos las tendencias históricas sólo en un sitio (San Francisco de Saco) y en una submuestra limitada de los campos donde se examinaron las propiedades químicas o la MOS. Como se podía esperar de propiedades físicas del suelo medidas en unas cuantas parcelas y en una microescala, fue bastante alta la variabilidad entre los campos y en un mismo campo. Esto contribuye a la incertidumbre del análisis (véase Horowitz 1995).

La erosión

En realidad no se midió la erosión del suelo en este estudio. Sin embargo, dada la gran importancia de la erosión del suelo en la agricultura en laderas es apropiado hacer algunos comentarios cualitativos generales.

Virtualmente no existían los signos característicos de la erosión a nivel de los campos, aun en aquellos con cultivos más antiguos de frijol terciopelo (más de 15 años de cultivo continuo). Rara vez se observaron zanjas o surcos, excepto en áreas muy localizadas donde la erosión en surcos parecía resultado de errores marginales de manejo más que de otra cosa. Además, el estrato superior del suelo no presentó ningún incremento del material grueso típico de las áreas con escurrimiento superficial importante (Foster et al. 1985). Los análisis químicos demostraron que no se producía un agotamiento de los nutrimentos con el tiempo y que el estrato superior activamente acumulaba materia orgánica y era también comparativamente más rico en nutrimentos que los estratos subyacentes. Estas observaciones indican que se producía poca erosión.

En una escala más amplia, eran muy evidentes los pequeños arroyuelos que recogían el agua al pie de las pendientes en la rotación de frijol terciopelo, incluso durante las lluvias intensas o después de ellas, y se podían observar grandes cargas de sedimento al pie de las pendientes sin mantillo vecinas.

Otros datos son más difíciles de interpretar. Como se examinó en el Capítulo 4, hasta el 40% de los agricultores entrevistados señalaron que el sistema del frijol terciopelo podría inducir derrumbes de tierra localizados en las zonas con pendientes muy inclinadas (más de 60–70%). Nuestras conversaciones con los agricultores confirmaron que esos derrumbes se producen de vez en cuando (no todos los años) durante el apogeo de la temporada de lluvias (en cualquier momento entre septiembre y noviembre), cuando la precipitación es muy intensa (varios cientos de milímetros en unos días: véase la Figura 5).

Una posible explicación de estos derrumbes de tierra sería la combinación del gran peso de la biomasa húmeda de frijol terciopelo, el aflojamiento del estrato superior del suelo como consecuencia de los hábitos de enraizamiento a poca profundidad de la planta de frijol terciopelo y un estado de sobresaturación del suelo resultante del aumento de la infiltración (véase más adelante), que inducen una menor resistencia al deslizamiento y una mayor sobrecarga de peso (Van Es, comunicación personal, 1995[4]). Algunos agricultores también señalaron que los derrumbes de tierra se podían explicar por la carencia de enraizamiento profundo o anclaje, causado por la sustitución de la tradicional rotación con descanso arbustivo por otra con una planta de raíces bastante poco profundas, como el frijol terciopelo. Además, si no se lo poda, el frijol terciopelo es capaz de erradicar los pocos árboles que hayan dejado los agricultores.

Ninguna de estas posibles explicaciones es totalmente convincente. El terreno en las montañas del norte de Honduras es geológicamente muy joven y no se ha estabilizado por completo. Por consiguiente, en muchas áreas continúa produciéndose espontáneamente una redistribución de las masas y es muy probable que las montañas con pendientes abruptas sean afectadas por este proceso de redistribución impulsado por la gravedad (definitivamente es pertinente preguntarse si esos terrenos deben ser cultivados en gran escala). Además, se puede argumentar que, si en una cuantas horas o días caen cientos de milímetros de agua en cualquier formación, es probable que suceda algo espectacular; la función real

---

[4]H.M. Van Es, Cornell University, communicación personal, 1995.

de la cubierta de frijol terciopelo como causa de un derrumbe de tierra es tal vez mucho menos significativa que la de las meras masas de agua que corren pendiente abajo. Esto puede explicar por qué los derrumbes de tierra, cuando se producen, afectan terrenos destinados a todos tipos de usos, desde los bosques vírgenes a los pastizales y a los campos sin frijol terciopelo, y no tienen una preferencia evidente por ninguna categoría de uso de la tierra. Cuando cayeron 400–700 mm de precipitación en un período de 15 h (el 31 de octubre de 1993), provocaron innumerables derrumbes de tierra en las laderas.

El problema nos pareció bastante importante y fue abordado en una encuesta general sobre el sistema del frijol terciopelo efectuada en el verano de 1994. Se preguntó específicamente a los agricultores acerca de los derrumbes de tierra antes y después de introducir la rotación con frijol terciopelo en sus campos. De los 34 campos que habían sufrido derrumbes de tierra (de un total de 44 campos incluidos en la encuesta), 21 (62%) habían tenido problemas similares antes de la introducción del frijol terciopelo. Además, sólo una tercera parte de los agricultores atribuyeron los derrumbes de tierra al empleo del frijol terciopelo. Sus percepciones variaron mucho de una aldea a otra: en Piedras Amarillas, donde los derrumbes son frecuentes, los agricultores culparon al frijol terciopelo de empeorar las cosas, mientras que en San Francisco de Saco, donde son raros los derrumbes de tierra, los usuarios de frijol terciopelo más experimentados contradijeron con vehemencia esa opinión.

En síntesis, es legítimo decir que, en conjunto, el sistema del frijol terciopelo es en extremo eficiente para prevenir la erosión ya que crea y mantiene durante todo el año un mantillo grueso que protege toda la superficie del suelo del impacto directo de la lluvia. Los datos concernientes al problema de los derrumbes de tierra no son concluyentes y es necesaria una nueva evaluación.

La densidad aparente y la macroporosidad

La densidad aparente y la macroporosidad nos dicen mucho acerca de la salud del perfil de un suelo ya que son indicadores (no necesariamente poco ambiguos o directos) de propiedades sintéticas importantes, como la estructura del suelo y, en menor grado, la raíz y las actividades de la fauna.

LA DENSIDAD APARENTE — Los valores medios de la densidad aparente a nivel de los campos tendieron a disminuir en el perfil del suelo (Cuadro 33). En el estrato 1, la densidad aparente bajó notablemente de un valor inicial de 1.36 Mg m^{-3} a alrededor de 1.20 Mg m^{-3} en los campos de frijol terciopelo antiguos (la regresión

Cuado 33. Modificaciones de la densidad aparente de los estratos de 0 a 10 cm, 10 a 20 cm y 40 a 50 cm en la rotación Mucuna-maíz, San Francisco de Saco, norte Honduras.

Años con *Mucuna*	Densidad aparente (Mg m^{-3})		
	0–10 cm	10–20 cm	40–50 cm
Sin Mucuna	1.36±0.145	1.41±0.065	ND
1–2	1.32±0.066	1.32±0.072	1.45±0.022
4–7	1.20±0.075	1.32±0.124	1.40±0.067
8–11	1.28±0.083	1.37±0.066	1.42±0.076
>12	1.20±0.091	1.33±0.064	1.37±0.070

Nota: cada valor representa el promedio de una determinada clase de edad y profundidad, seguido de su desviación estándar. ND, no disponible.

de la densidad aparente sobre los años de cultivo con frijol terciopelo fue altamente significativa, con una $P < 0.01$. En los estratos inferiores, la caída fue menor: de 1.41 Mg m^{-3} a aproximadamente 1.33 Mg m^{-3} en el estrato 2 (no significativa), y de 1.45 Mg m-^{3} a 1.37 Mg m^{-3} en el estrato 3 ($P < 0.04$).

Estas tendencias concuerdan con lo que se espera que logren sin la labranza las raíces de frijol terciopelo (la mayoría de las cuales son poco profundas), así como con el aumento de la MOS. Es interesante observar que también reflejan el mayor aflojamiento o blandura de la capa superior, inducidos por el empleo del frijol terciopelo, que muchos agricultores señalaron en términos cualitativos.

LA MACROPOROSIDAD— Como lo indican las cifras de la densidad aparente, la porosidad total se incrementó con el tiempo, en especial en el estrato de 0–10 cm. Nuestra hipótesis fue que, sin importar lo que sucedía con la porosidad total, se pueden producir modificaciones de la distribución de los poros de distintos tamaños como resultado del empleo del frijol terciopelo. Examinamos esta hipótesis cuantificando la porosidad asociada con las clases de poros de mayor tamaño (con diámetros de 15 a más de 395 µm).

En el estrato de 0–10 cm, encontramos que, inmediatamente después de la introducción de la rotación con frijol terciopelo, aumentó la porosidad asociada con los poros con más de 15 µm y con más de 133 µm de diámetro (de menos de 8% del volumen del suelo a alrededor de 10% y de aproximadamente el 3% a 5%, respectivamente). La porosidad permaneció virtualmente estable en los años posteriores (Figura 18). En el estrato de 10–20 cm, la porosidad en esencia fue idéntica en todos los campos y bastante alta en todos excepto uno.

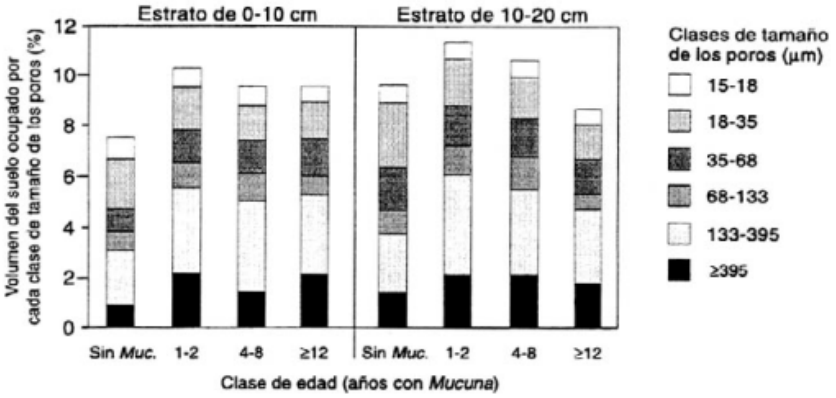

Figura 18. Modificaciones de la macroporosidad (poros con un diámetro >15 µm) en los estratos de 0–10 cm y 10–20 cm bajo la influencia de la rotación frijol terciopelo-maíz, San Francisco de Saco, norte Honduras.

El claro aumento de la porosidad detectado en los poros de mayor tamaño puede ser una ligera exageración resultante de imperfecciones inevitables en la elaboración de la cronosecuencia. Sin embargo, lo más sorprendente es que la rotación con frijol terciopelo parece permitir al suelo mantener un extenso conjunto de poros grandes, sin ninguna tendencia a la degradación de esta favorable arquitectura porosa.

La infiltración

La tasa de infiltración constante — un parámetro directamente relacionado con una propiedad intrínseca del perfil (Hillel 1982) — aumentó en forma notable con el tiempo bajo la influencia de la rotación frijol terciopelo-maíz, si bien fue muy alta la variabilidad entre los campos y en un mismo campo (Figura 19).

Usando un método de regresión múltiple para dar cabida a los efectos de una serie de variables en las condiciones específicas de las mediciones de la infiltración, encontramos que, en promedio, las tasas de infiltración constante aumentaron en 2—3 mm h^{-1} en cada año de la rotación con frijol terciopelo. En 15 años, esto llevó a un incremento de más de 30 mm h^{-1}, aproximadamente el doble de las tasas iniciales medidas en parcelas con cultivos recientes de frijol terciopelo o sin frijol terciopelo. A la inversa, las tasas de escurrimiento (observadas con una precipitación simulada de una intensidad de 100 mm h^{-1}) disminuyeron en

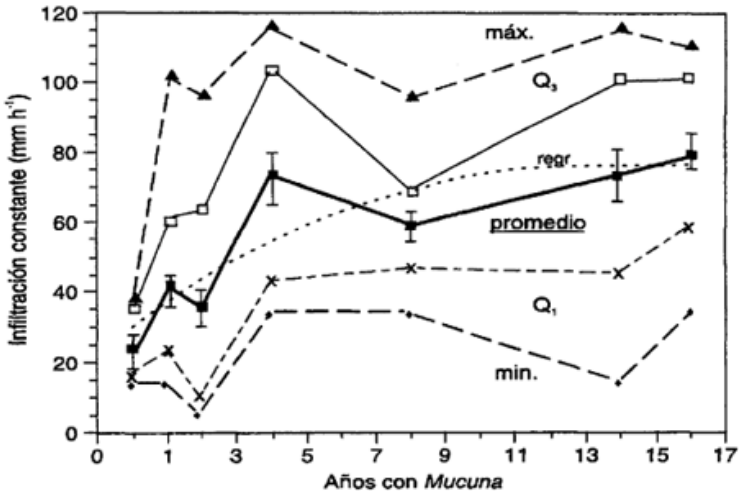

Figura 19. Modificaciones de las tasas de infiltración constante bajo la influencia de la rotación frijol terciopelo-maíz, San Francisco de Saco, norte de Honduras. Nota: IC = $-0.2738a^2 + 7.097a = 29.77$ (R^2= 0.757), donde IC es la infiltración constante y e es la edad (años con *Mucuna).*

alrededor de 2 mm h^{-1} en promedio, de 72 mm h^{-1} en los campos sin frijol terciopelo a un mínimo de 26 mm h^{-1} en los campos con cultivos antiguos de frijol terciopelo.

El equilibrio hídrico en el sistema del frijol terciopelo

La capacidad de retención y la recarga de agua en el perfil son afectadas por las tasas más altas de infiltración y la porosidad y hacen que el cultivo de maíz disponga de más agua, y apoyan actividades biológicas esenciales como la descomposición y la mineralización. Esto puede ser particularmente importante durante los ciclos de invierno con una temporada marcadamente seca, y todavía más en los entornos más secos que el norte de Honduras, cuando el equilibrio hídrico se convierte en un parámetro critico en la producción de cultivos.

Es preciso tener cuidado de no subestimar las consecuencias de las tasas menores de escurrimiento y la porosidad intacta para la erosión. A medida que se reduce el escurrimiento, disminuye drásticamente la acción erosiva de la lluvia. Como el sistema del frijol terciopelo proporciona una cubierta total de la superficie del suelo durante todo el año, impide que los niveles altos de escurrimiento, aun cuando sean ocasionales, se traduzcan directamente en una gran erosión o degradación de la estructura del suelo (como el sellado superficial [Bidders y Baveye 1995]). El escurrimiento fluye por encima o dentro de la capa de mantillo, en lugar de hacerlo sobre una superficie desnuda.

Modificaciones a largo plazo de la productividad de los cultivos

¿Inducen la conservación o la intensificación de la fertilidad del suelo (como se señaló antes en relación con varios componentes de la fertilidad global del suelo) una mayor productividad de los cultivos (de maíz o frijol terciopelo)? Abordamos este interrogante examinando las tendencias de los rendimientos de maíz en la rotación con frijol terciopelo. Para evaluar la validez de los resultados de nuestro análisis, también pedimos a los agricultores que evaluaran las modificaciones a largo plazo de la fertilidad del suelo en sus campos.

Modificaciones de los rendimientos medios de maíz y de los componentes del rendimiento

El Cuadro 34 muestra las tendencias de los rendimientos medios de maíz en cada sitio según distintas clases de antigüedad del cultivo con frijol terciopelo. Se pueden sacar cuatro conclusiones importantes a partir de esos datos:

- Los rendimientos medios de maíz variaron notablemente según el ciclo (de un mínimo de menos de 2 t ha^{-1} en Río Cuero a un máximo de 4.4 t ha^{-1} en Las Mangas en 1993). Esto parece reflejar al menos en parte la diferencia en cuanto a la fertilidad global del suelo (en particular el pH y la disponibilidad de bases intercambiables).

- Los rendimientos de maíz con frijol terciopelo casi duplicaron los obtenidos con los cultivos sin la leguminosa (Río Cuero fue una excepción, con un aumento de sólo el 40%, pero en este sitio el estudio incluyó únicamente una parcela testigo).

- Una vez que está bien establecida la rotación con frijol terciopelo (más de tres años), los rendimientos parecen permanecer bastante constantes.

Cuadro 34. Modificaciones de los rendimientos medios de maíz como una función de la duración de la rotación con *Mucuna*, norte de Honduras, ciclos de invierno de 1992—1993 y 1993–1994.

Años con *Mucuna*

	Sin *Mucuna*	1–2	3–4	5–7	8–10	2=11
			Ciclo de 1992–1993			
San Francisco de Saco						
Tamaño de la muestra (*n*)	4	7	4	14	21	15
Rendimiento (t ha^{-1})	1.9*b*	2.2*b*	3.7*a*	3.0*ab*	3.5*a*	3.6*a*
Las Mangas						
Tamaño de la muestra (*n*)	2	5	9	11	1	0
Rendimiento (t ha^{-1})	2.5*b*	4.2*a*	4.2*a*	4.9*a*	(4.4)	—
			Ciclo de 1993–1994			
San Francisco de Saco						
Tamaño de la muestra (*n*)	10	2	5	3	10	10
Rendimiento (t ha^{-1})	2.0*b*	3.3*ab*	3.7*a*	2.7*ab*	3.6*a*	3.4*a*
Las Mangas						
Tamaño de la muestra (*n*)	4	3	6	12	4	4
Rendimiento (t ha^{-1})	1.4*b*	1.8*ab*	3.1*a*	3.2*a*	3.9*a*	3.1*a*
Río Cuero						
Tamaño de la muestra (*n*)	1	6	6	6	0	0
Rendimiento (t ha^{-1})	(1.4)	2.2 NS	2.0 NS	1.7 NS	—	—
Piedras Amarillas						
Tamaño de la muestra (*n*)	0	0	6	2	2	6
Rendimiento (t ha^{-1})	—	—	2.2*b*	1.6*b*	2.8*ab*	3.0*a*

Nota: Los paréntesis indican que el valor es una aproximación.
a, b Los promedios seguidos de la misma letra dentro de una fila no son diferentes conforme a la prueba de Tukey con la tasa del 10% de las familias; NS, no significativo.

De hecho, no hubo una tendencia evidente a que disminuyeran los rendimientos. Los rendimientos de maíz pueden presentar una tendencia a ser más estables en los campos de frijol terciopelo más antiguos: la desviación estándar en los sitios cayó de 1.5 t ha^{-1} en los campos de frijol terciopelo más jóvenes en 1992—1993 a 0.73 t ha^{-1} en los campos cultivados con la leguminosa por ocho o más años; y de 1.0 t ha^{-1} a 0.7 t ha^{-1} en 1993–1994.

- Los componentes del rendimiento de maíz, como la cantidad de mazorcas por planta y el número de granos por mazorca, proporcionan otra base para analizar los efectos de la fertilidad del suelo en la productividad del cultivo, ya que son buenos indicadores de las condiciones favorables de crecimiento antes de la floración (Fleury et al 1982; Navarro Garza 1984; Fleury 1991). En nuestro caso, esos componentes demostraron una considerable mejora con el frijol terciopelo en el ciclo de 1992–1993 (la situación no estuvo tan bien definida en el ciclo de 1993–1994).

La función de otro componente del rendimiento, la densidad de siembra, es más compleja ya que depende en parte de decisiones acerca del manejo. Una reducción de la densidad de siembra parece explicar la evidente caída del rendimiento en los campos cultivados con frijol terciopelo durante 5–7 años (ciclos de 1992—1993 y 1993–1994), así como el fracaso de los campos antiguos de frijol terciopelo en superar el rendimiento de los campos donde la antigüedad de la leguminosa era mediana en 1992—1993. Las densidades de siembra fueron más bajas en las parcelas testigos que en los campos sembrados con frijol terciopelo, probablemente como consecuencia de la deliberada adaptación de los agricultores al aumento que percibían en la fertilidad del suelo gracias al empleo del frijol terciopelo.

Los años de cultivo con la leguminosa y la población de plantas fueron predictores significativos de los niveles del rendimiento en un método de regresión múltiple que abarcó todos los sitios y años, con la excepción de Río Cuero (Cuadro 34). Usando la pendiente de las ecuaciones obtenidas en los diversos casos, concluimos que, en promedio, cada año adicional de cultivo con frijol terciopelo da como resultado 50–170 kg ha^{-1} más de maíz, mientras que cada 5 000 plantas cosechadas adicionales producen un aumento de 250–500 kg ha^{-1} de maíz.

Desde el punto de vista cualitativo, hay que mencionar la mayor estabilidad ante las condiciones climáticas adversas evidentemente proporcionada por la rotación con frijol terciopelo. Como se muestra en forma gráfica en la Figura 20, hay menos riesgo de obtener bajos rendimientos con la rotación con la leguminosa que con otros sistemas de cultivo. (La función de distribución acumulativa [FDA] del rendimiento de maíz en distintas temporadas y con diversos sistemas de cultivo se examina en el Apéndice IV.) La Figura 20 muestra que la probabilidad de lograr un nivel de rendimiento inferior o igual a 1 000 kg ha^{-1} es de alrededor del 70% en el primer ciclo en el sistema de descanso arbustivo, de aproximadamente 62% en el segundo ciclo en el sistema de descanso arbustivo y de sólo 40% en el sistema de *abonera* (un ciclo de maíz de postrera).

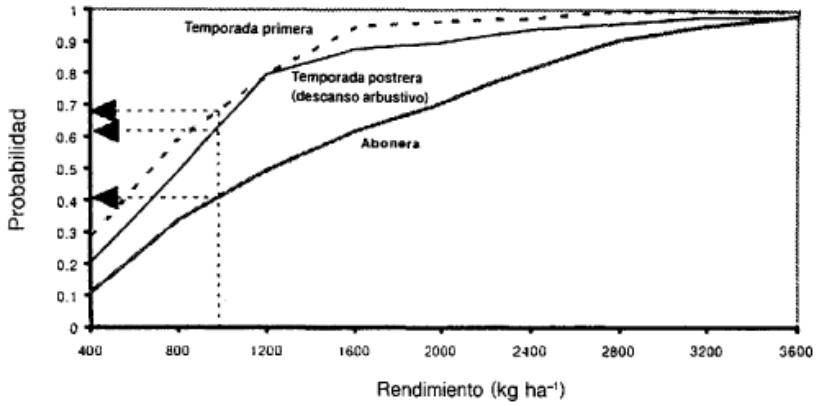

Figura 20. Función de la distribución acumulativa del rendimiento de maíz en distintas temporadas y sistemas de cultivo, norte de Honduras.

La distribución del maíz de postrera en el sistema de *abonera* está siempre a la derecha de las otras dos distribuciones (Sain y Buckles 1997). El menor riesgo de pérdidas en la producción de maíz de postrera para los agricultores que usan el sistema de *abonera* influye considerablemente en su evaluación de los beneficios de este sistema (véanse los Capítulos 4 y 7).

Las observaciones en los campos también indican la misma tendencia. Durante el ciclo de 1993—1994, más seco de lo habitual, muchos campos de maíz sufrieron la sequía. En algunas aldeas, los rendimientos en los campos sin frijol terciopelo cayeron a niveles muy bajos (menos de 1 t ha^{-1} o, incluso, hubo un fracaso total de la cosecha), mientras que los campos vecinos cultivados con la leguminosa en la misma época tuvieron un rendimiento razonablemente bueno (2 t ha^{-1} o más). Esto implica que el maíz tuvo un mejor acceso al agua en los campos con frijol terciopelo, que se puede atribuir a la menor evaporación y la mejor infiltración, señaladas anteriormente.

Evaluación de las modificaciones a largo plazo efectuada por los agricultores

Se pidió a los agricultores que usaban la rotación con frijol terciopelo que compararan los rendimientos que razonablemente podían esperar obtener antes de usar la leguminosa con los alcanzados después de que ésta estuvo firmemente establecida en sus campos. En los casos más extremos, los agricultores señalaron que el frijol terciopelo ayudó a triplicar sus rendimientos o, incluso, a recuperar campos que consideraban demasiado pobres para producir un cultivo de maíz. En contraste, algunos agricultores no indicaron ningún cambio o sólo aumentos insignificantes del rendimiento. Como promedio entre los sitios, el aumento de rendimiento observado llegó al 70%, desde alrededor de 1.5 t ha^{-1} a 2.6 t ha^{-1}.

También es interesante señalar que una abrumadora mayoría de los agricultores (43 de 46) pensaban que la calidad del suelo de sus campos había mejorado con la introducción del frijol terciopelo (el suelo fue considerado “mejor” o “mucho mejor” por proporciones iguales de agricultores). Muchos de los agricultores afirmaron que deliberadamente usaban densidades de siembra más altas en los campos con la leguminosa porque juzgaban que ésta hacía al suelo más productivo. Ningún agricultor indicó que hubiera habido una degradación como resultado del empleo del frijol terciopelo. En las entrevistas colectivas a nivel de las aldeas, explícitamente se pidió a los agricultores que consideraran todo comportamiento o característica negativos que afectaran a los campos de frijol terciopelo al pasar el tiempo, pero no identificaron ninguno. Ni siquiera el riesgo de derrumbes de tierra pareció aumentar en los campos con la leguminosa más antiguos. Otra sólida indicación de la mejor calidad son los precios de venta y las rentas más altas alcanzados por la tierra con frijol terciopelo, en comparación con la tierra agrícola normal; la diferencia puede llegar hasta el 70% (Buckles et al. 1992; Humphries, en prensa).

En conjunto, los agricultores que usaban el frijol terciopelo estaban en extremo satisfechos con los resultados agronómicos de ese empleo. La prueba definitiva es que ninguno de los agricultores pareció haber abandonado un campo con frijol terciopelo por motivos agronómicos.

El enigma de la *Rottboellia*

Los agricultores de San Francisco de Saco, Atlántida, observaron una tendencia negativa a largo plazo en la productividad. A partir de mediados a fines de los años 80, una maleza dañina, *R. conchinchinensis* comenzó a invadir los campos de *Mucuna.* En esta sección ofrecemos una breve explicación de por qué sucedió esto y examinamos las repercusiones en el sistema de *abonera.*

Rottboelíia puede haber sido introducida en el norte de Honduras con la ayuda alimentaria (principalmente arroz) traída después del devastador tifón Fifi. La maleza se propagó con rapidez en las comunidades muy cercanas a la carretera principal a lo largo de la costa, incluyendo San Francisco de Saco (Munguía 1992). *Rottboelíia* encontró un entorno ideal en las *aboneras.* La mayoría de las otras malezas, en especial las de hojas anchas, son erradicadas por el cultivo de *Mucuna.* Sin embargo, había nutrimentos, luz y agua fácilmente asequibles después de la roza del campo de *Mucuna* y antes del establecimiento completo del cultivo de maíz. El hábito de los agricultores de esperar la resiembra natural de la *Mucuna* también permite que queden espacios vacíos en la población de la leguminosa, que son prontamente invadidos por *Rottboellia.* La eliminación de la maleza una vez que está firmemente establecida es en extremo difícil porque su ciclo reproductivo es muy rápido y produce cantidades masivas de semilla de gran longevidad (Bridgemohan et al. 1991). Estos factores favorecieron el rápido establecimiento de *Rottboellia* en los campos con *aboneras* de algunas comunidades.

Los agricultores de San Francisco de Saco señalaron que el costo del control de la maleza aumenta marcadamente en los campos invadidos por *Rottboellia* y que los rendimientos de maíz disminuyen hasta en 0.5 t ha^{-1} en promedio. Los esfuerzos por prevenir la propagación de la

maleza y erradicarla cuando está ya firmemente establecida parecen tan inútiles que los agricultores de esta comunidad han llegado a aceptar a *Rottboellia* como algo inevitable en el sistema de *abonera*. Los agricultores argumentaron que el costo y los inconvenientes adicionales son un pequeño precio que hay que pagar por lo que, en otros aspectos, es un sistema de producción de maíz muy productivo y benéfico. Nuestra propia investigación sobre la función de las malezas en el reciclaje de los nutrimentos indica que *Rottboellia*, gracias a su rápido crecimiento, puede capturar nutrimentos a comienzos de la temporada que, de otro modo, se perderían. Estos nutrimentos serán liberados más tarde cuando se corte la maleza, proceso que ha sido documentado en relación con otras especies de malezas en los sistemas de cultivo (Lambert y Arnason 1989). El enigma es si *Rottboellia* representará una amenaza significativa para la productividad a largo plazo de los cultivos.

Síntesis: ¿cómo funciona el sistema del frijol terciopelo?

Tal vez valga la pena repetir que el reto del cultivo continuo sin descansos prolongados (especialmente en las laderas) es la rápida declinación de la fertilidad del suelo provocada por la erosión o la extracción de nutrimentos. A medida que se reduce la fertilidad del suelo y las malezas dañinas comienzan a competir con el cultivo, los rendimientos de éste caen, la agricultura se vuelve muy laboriosa y poco rentable y los campos son abandonados. Este es el punto de referencia necesario para juzgar los logros del sistema del frijol terciopelo.

La conclusión más importante de nuestro análisis es que el sistema del frijol terciopelo nos ofrece un ejemplo práctico de cómo explotar en forma sustentable las propiedades y la dinámica de un ecosistema natural en beneficio de la producción comercial de maíz (Gliessman et al. 1981). El núcleo del sistema del frijol terciopelo es la leguminosa: su cultivo actúa alternativamente como un importante recolector (cuando está creciendo) o proveedor (cuando está en descomposición) de nutrimentos y, por consiguiente, su dinámica estacional natural determina las principales características del sistema del frijol terciopelo.

La estructura en múltiples estratos de ese sistema explica su dinámica general. En un momento dado, hay por lo menos dos estratos (o compartimientos) diferentes funcionando en forma concertada. Un estrato es la biomasa viva en crecimiento (de hecho, una mezcla del cultivo y malezas). Activamente acumula nutrimentos impulsada por la fotosíntesis. Según la fase del ciclo, el cultivo está constituido por el frijol terciopelo o el maíz y las malezas asociadas. Mientras que la función del maíz en el sistema es relativamente sencilla, la función del frijol terciopelo en crecimiento es más compleja y abarca desde controlar las malezas existentes a reciclar o fijar N para proteger la hojarasca subyacente o el suelo de la exposición directa a las lluvias intensas.

El otro estrato del sistema es una cubierta semipermanente de hojarasca muerta que, junto con los primeros centímetros del suelo, sirven como importante proveedor de nutrimentos para la biomasa en crecimiento. La hojarasca proviene de la decadencia natural o inducida por el agricultor de la biomasa de frijol terciopelo, maíz o malezas. Su presencia continua y su múltiple actividad durante todo el año la convierten en un regulador esencial de los flujos de nutrimentos: actúa como sustrato para la descomposición y como hábitat casi ideal para la flora en descomposición y la fauna que prosperan en un microambiente, además de proteger el entorno de las variaciones brutales de temperatura y humedad. Solo o en asociación con la biomasa viva, el frijol terciopelo cumple varias otras funciones fundamentales, como el control de la maleza y de la erosión (este último al amortiguar el impacto de las gotas de lluvia y favorecer la infiltración).

La cubierta de hojarasca es mantenida por dos procesos opuestos: la formación de hojarasca y la descomposición de ésta. Parte de la formación de hojarasca corresponde al manejo del maíz, las malezas y el frijol terciopelo por los agricultores, que determina, conjuntamente con las condiciones ambientales que regulan el crecimiento de las plantas, los niveles de adición a la hojarasca y el momento de esa adición. Cada uno de los tres componentes principales agregados a la hojarasca tiene también propiedades iniciales distintas en relación con la descomposición. Por ejemplo, el frijol terciopelo comúnmente tiene un contenido elevado de N, una baja razón C—N y material muy frondoso, fácilmente descomponible, pero sucede lo contrario con las hojas y cañas del maíz. Si bien los procesos de descomposición de la hojarasca pueden variar marcadamente en respuesta a las adiciones periódicas de material nuevo, parecen ser afectados sólo moderadamente por el manejo. En gran medida son influidos por factores ambientales tales como la humedad y la temperatura (Jenkinson 1981). Estos dos factores interactúan continuamente para modificar el microclima de la cubierta de hojarasca y su capacidad de descomponerse.

Ciclos de los nutrimentos

Con el sistema de *abonera*, los agricultores obtienen sustanciales beneficios nutricionales para su cultivo de maíz. Dejan que el frijol terciopelo acumule *in situ* la biomasa y los nutrimentos necesarios para el siguiente ciclo de maíz de postrera. Estos nutrimentos son gradualmente liberados mediante la descomposición del mantillo de frijol terciopelo, originado por la roza y deliberadamente mantenido por la decisión de los agricultores de no quemarlo. La capacidad del frijol terciopelo de fijar y reciclar N_2 impiden las pérdidas importantes de nutrimentos en el entorno y virtualmente eliminan la necesidad del empleo costoso y poco práctico (en una ladera) de fertilizantes externos, sin comprometer los niveles de rendimiento.

La fijación simbiótica del N_2, estimada en 80–150 kg de N ha^{-1} al año, es fundamental para equilibrar la acumulación de N. Este N recién fijado ayuda a compensar tanto la exportación de N por conducto de la cosecha de maíz (normalmente del orden de 50–80 kg ha^{-1} al año) como el almacenamiento de N en la MOS, que puede llegar a 50 kg ha^{-1} al año, al menos en los primeros 10 años de la rotación (en los años siguientes, el suelo parece lograr cierto equilibrio). No está claro si la fijación es en verdad más importante en los primeros años que siguen a la introducción del frijol terciopelo y luego disminuye a niveles de mantenimiento una vez que se ha establecido una reserva considerable de N reciclable.

El sistema del frijol terciopelo parece reciclar grandes cantidades de nutrimentos en todo el año por medio del frijol terciopelo y las malezas. En un ciclo seco como el de 1993—1994, se reciclaron más de 200 kg de N ha^{-1}. Esta cantidad es comparable a la de una serie de ecosistemas boscosos naturales o agroforestales (Vitousek y Sanford 1986).

Como en los ecosistemas naturales, las pérdidas de N en el sistema de *abonera* no vinculadas con las exportaciones del cultivo (es decir, la lixiviación, la volatilización) parecen relativamente limitadas (al menos en las condiciones en que se reunieron nuestros datos). No obstante, las pérdidas por lixiviación pueden ser más altas en los ciclos de invierno muy húmedos, cuando la descomposición probablemente es bastante activa. No podemos excluir la posibilidad de pérdidas significativas por la volatilización después de la roza.

Tendencias a largo plazo de la fertilidad del suelo

El empleo continuo del sistema del frijol terciopelo tiene una serie de efectos acumulativos sobre el perfil del suelo. Nuevamente, el efecto neto es un balance entre los resultados de procesos que tienden a agotar las reservas de nutrimentos (tales como las exportaciones repetidas por la cosecha del cultivo) y a reducir la fertilidad del suelo y los resultados de procesos que tienden a reponer las reservas (como la fijación de N_2) y a aumentar la fertilidad del suelo.

La MOS se acumula en la superficie del suelo o muy cerca de ella como resultado de la humectación de la hojarasca. La infiltración del agua aumenta notablemente, al igual que la porosidad total. A pesar de una posibilidad teórica de que los desequilibrios de N lleven a una acidificación del suelo, las mediciones indicaron que el Ph del suelo permaneció estable, si bien tendieron a aumentar las bases intercambiables en todo el perfil del suelo. Al mismo tiempo, los niveles de la mayoría de los demás nutrimentos permanecieron estables, por lo menos en sus formas disponibles, a pesar de las exportaciones anuales. Estas observaciones confirman que el sistema del frijol terciopelo es un sistema de reciclaje de nutrimentos relativamente eficiente, como se mencionó con anterioridad. Si bien no se midió la vida en el suelo, ésta pareció prosperar, como lo indicó la proliferación de lombrices, insectos y hongos en la interfaz hojarasca-suelo. La casi ausencia de plagas graves o agentes patógenos transmitidos por el suelo también señalan el funcionamiento saludable del perfil del suelo.

Por último, si bien en este estudio no se midió directamente la erosión, ésta fue ostensiblemente un acontecimiento marginal en la mayoría de los campos de frijol terciopelo a causa de la permanente cubierta protectora proporcionada por la biomasa de la leguminosa (viva o muerta) día tras día, año tras año. Sin embargo, el empleo del frijol terciopelo puede contribuir a derrumbes localizados de tierra en ciertos sitios con excesiva precipitación y pendiente. No parece posible una estrategia clara para prevenir estos hechos, ya que ni siquiera el bosque autóctono es inmune a los derrumbes de tierra.

En síntesis, los indicadores a largo plazo que pudimos examinar dieron resultados positivos o, al menos, satisfactorios. Tal vez la indicación más clara del éxito, desde la perspectiva del usuario, fue que los rendimientos de maíz en los campos con cultivos antiguos de frijol terciopelo realmente fueron tan altos o incluso más altos que en los campos donde era reciente el cultivo de la leguminosa y, en promedio, duplicaron los rendimientos obtenidos en las parcelas testigos no sembradas con frijol terciopelo.

Conclusiones

El cultivo de maíz se beneficia en muchas formas con el entorno y la dinámica general de un sistema de *abonera* bien establecido. En primer término, el sistema parece bastante estable y permite alcanzar niveles respetables de rendimiento (comúnmente 2–4 t ha^{-1}) cada año. En particular, el sistema parece prevenir o al menos disminuir considerablemente los problemas causados por la sequía porque la cubierta de mantillo ayuda a conservar el agua en el perfil del suelo (Steiner 1994). Cuando hay agua suficiente, los nutrimentos (N, P, K, Ca, Mg, etc.) están disponibles en una sincronización adecuada con la principal absorción por el cultivo. Además, el sistema de *abonera* crea un entorno relativamente libre de problemas para el maíz porque a la mayoría de las malezas (con la notable excepción de *R. cochinchinensis*) les es muy difícil prosperar en este sistema, ya sea porque el frijol terciopelo físicamente les impide germinar y emerger o sobrevivir por mucho tiempo durante el ciclo de la leguminosa, o porque el enraizamiento poco profundo de las malezas en la interfaz hojarasca-suelo hace que sea más fácil controlarlas.

No obstante, el sistema de *abonera* tiene una serie de restricciones secundarias. Una es el apretado empalme de la siembra del maíz con la roza. Hasta que se encuentren alternativas (por ejemplo, la introducción de frijol terciopelo o de germoplasma de maíz con distintas clases de madurez), la fecha de siembra será escogida dentro de márgenes muy limitados (en la práctica, está restringida a un período de seis semanas que se inicia a comienzos de diciembre). Además, no está claro si se puede sembrar el maíz en cualquier otra época del año sin anular la mayoría de las ventajas del sistema del frijol terciopelo. Otro problemas es la ruda competencia que en ciertos años el frijol terciopelo que rápidamente se restablece ofrece al cultivo de maíz en crecimiento, y que obliga a los agricultores a podar la leguminosa. Por último, es difícil predecir (por lo menos hasta ahora) la variabilidad de un año a otro de la cantidad de nutrimentos que estarán disponibles gracias a la descomposición, lo cual puede ser considerado una restricción, en especial si los agricultores se interesan cada vez más por lograr rendimientos de maíz altos.

En síntesis, el análisis presentado en este capítulo indica que la rotación anual continua de frijol terciopelo y maíz puede ser sostenida durante al menos 15 años con un nivel de productividad razonablemente alto (unas 2—4 t ha^{-1} al año, con la forma actual de manejo), sin ninguna declinación aparente de la base de recursos naturales. Evidentemente, el hecho de conservar o, incluso, mejorar la base de recursos no garantiza por sí solo la sostenibilidad general de un sistema de cultivo, problema que se examinará en diversos puntos en el resto de este libro. Sin embargo, el sistema de *abonera* al menos ofrece a los agricultores la opción de cultivar continuamente la misma parcela si así lo desean. Si deciden cambiar a otro uso de la tierra, los campos que han estado en el sistema del frijol terciopelo durante varios años no tienen ninguna de las características restrictivas de los campos agrícolas degradados (escasa fertilidad, gran presión por las malezas o las plagas, compactación, etc.). Estos campos probablemente están en condiciones ideales para garantizar el éxito con cualquier otro sistema basado en cultivos, pastizales o árboles.

El sistema de *abonera* no sólo es una forma elegante de proporcionar y reciclar nutrimentos o mejorar la fertilidad del suelo, lo cual ha sido el tema principal de este capítulo, sino que también ofrece una serie de otros beneficios, como el control de la maleza, la reducción del trabajo y el bajo riesgo de producción. Evidentemente, el éxito del sistema de *abonera* varía según los distintos agricultores y localidades. Por ejemplo, no todos los campos de frijol terciopelo acumulan biomasa y nutrimentos suficientes para satisfacer todas las necesidades nutricionales del maíz. Asimismo, las decisiones en el manejo (desde la elección del momento de la roza-siembra hasta la de las densidades de siembra, así como la calendarización del control de la maleza) afectan el potencial de producción de los campos. Dicho esto, subsiste el hecho de que el comportamiento del sistema de *abonera* sin duda sería mucho menos satisfactorio si no fuera por sus beneficios nutricionales o de incremento de la fertilidad del suelo. Estos beneficios, y sus efectos sobre los rendimientos de maíz, también constituyen el núcleo del análisis económico del

sistema de *abonera*, que haremos a continuación.

CAPITULO 6
LA ECONOMIA DEL SISTEMA DE *ABONERA*

Análisis probabilístico de los costos y beneficios

El análisis de costos y beneficios (ACB) se puede usar para comparar dos alternativas tecnológicas como el sistema de descanso arbustivo y el de aboneras. Se comparan los distintos flujos de beneficios y costos de un año a otro para determinar la rentabilidad relativa de cada sistema. En el análisis, se definen los beneficios netos (BN) anuales por unidad de tierra en el año *t* generados por el sistema de descanso arbustivo (BN_{bt}) y los del sistema de abonera (BN_{at}) como la diferencia entre los beneficios brutos (BB) anuales y los costos anuales:

$$BN_{b_t} = p_m \times R_b - C_b \qquad [1]$$

$$BN_{a_t} = p_m \times R_a - C_a \qquad [2]$$

donde R_b y R_a son los rendimientos anuales de maíz con las alternativas del descanso arbustivo y la abonera; p_m es el precio del maíz; y C_b y C_a son los costos anuales de producción de esas alternativas.

Para evaluar la rentabilidad del sistema de abonera en comparación con la del sistema de descanso arbustivo, el ACB exige calcular el valor neto actual (VNA) del flujo adicional de beneficios netos generados por las alternativas comparadas (Steiner 1980). El ACB del flujo adicional de beneficios netos está dado por la siguiente ecuación:

$$VNA_i = \sum_{t=0}^{T} \frac{1}{(1+r)^t} [p_m \times (R_{a_t} - R_{b_t}) - (C_{a_t} - C_{b_t})] \qquad [3]$$

donde *d* es la tasa de descuento y *T* es el horizonte de tiempo considerado en el análisis. El sistema de abonera será relativamente más rentable para el agricultor si el VNA es superior a cero. La ecuación [3] muestra que la rentabilidad relativa del sistema de abonera depende de dos factores, el valor actualizado del flujo de las diferencias de los rendimientos anuales y las diferencias de los costos anuales.

Tradicionalmente, el ACB emplea los valores medios o modales de las variables en los cálculos del VNA. Los datos necesarios para el análisis son limitados, lo cual hace que sea una técnica fácil de emplear (Pagiola 1994). No obstante, es un método determinista, es decir, no se agrega una medición de la variabilidad a los beneficios netos resultantes.

Como ejemplo, consideremos el cálculo de los beneficios brutos de una práctica en un año dado. Supongamos que el precio medio del maíz recibido (p_m) es de 0.09 USD kg^{-1} y que el rendimiento medio del maíz (R_{med}) es de 2 000 kg ha^{-1}. Los beneficios brutos serían los siguientes:

$$BB_{avg} = (0.09 \text{ USD kg}^{-1}) \times (2000 \text{ kg ha}^{-1}) = 180 \text{ USD ha}^{-1}$$

Se puede realzar esto efectuando un análisis de sensibilidad, considerando los escenarios del peor caso y el mejor así como el caso modal. Si bien el análisis de sensibilidad es más revelador, sigue sin indicar las probabilidades de que un agricultor concrete beneficios brutos altos, bajos o medios.

El ACB probabilístico intenta superar esta limitación no sólo considerando la gama de valores de las variables sino también anexando a esos valores una medida de la probabilidad de que se presenten (Anderson y Dillon 1992). Se comparan alternativas mediante su efecto sobre la variabilidad del VNA, con lo cual se tiene una medida del efecto de las alternativas sobre los grados de incertidumbre o riesgo afrontados por los agricultores. Algunos o todos los parámetros en este análisis deben ser tratados como variables aleatorias que nos permitan calcular a partir de ellas una FDA. Esas funciones a su vez hacen posible asociar las probabilidades de que se produzca un determinado acontecimiento con el recorrido de la variable.

El rendimiento de maíz es un buen ejemplo de variable aleatoria. Los rendimientos obtenidos por los agricultores en condiciones de temporal están sujetos a muchos acontecimientos imprevisibles, que provocan la variabilidad de un año a otro y de un agricultor a otro. Si se supone que esta variabilidad del rendimiento sigue una distribución normal, el rendimiento de maíz *(R)* tendrá una FDA normal. Esto se representa como $R \sim N(\mu, s^2)$, donde la media es μ y la variabilidad alrededor de la media (varianza) es s^2.

A diferencia de un ACB determinista, que produce un solo valor, el método probabilístico produce la FDA del VNA de las utilidades económicas

Cuadro 35. Características de las variables usadas en el modelo de simulación para calcular el valor neto actual de los beneficios netos.

Variable	Características
Rendimientos de maíz con distintos sistemas	Aleatoria
Precios de los insumos y los productos	Aleatoria
Tecnología (coeficientes técnicos)	No aleatoria
Horizonte de tiempo y tasa de descuento	No aleatoria

generadas por las alternativas. La comparación de esas medidas hace posible evaluar los efectos de las alternativas no sólo sobre las utilidades económicas medias sino también sobre el riesgo que afronta el agricultor. Esta información nos permite efectuar una evaluación más amplia de la rentabilidad económica, que reconoce que los agricultores están interesados no sólo en aumentar los beneficios netos medios sino también en reducir el riesgo de la producción (Anderson y Dillon 1992).

Nuestro análisis sigue un método probabilístico para examinar la rentabilidad relativa de los sistemas de abonera y de descanso arbustivo. Especificamos la tecnología de la producción de maíz, junto con la FDA de todas las variables aleatorias y los valores de las variables no aleatorias incluidas en el cálculo del VNA, como se mostró en la ecuación [3] anterior. En este análisis, tratamos los rendimientos y los precios del maíz como variables aleatorias y las representamos por su FDA. Para simplificar, la tecnología es considerada no aleatoria y representada por un conjunto de coeficientes técnicos constantes. El horizonte de tiempo del análisis y la tasa de actualización — otras dos variables en el análisis — también son considerados no aleatorios (Cuadro 35). Las especificaciones del modelo — incluyendo la tecnología de producción de maíz, los rendimientos de maíz y los precios de campo — se presentan en el Apéndice IV. Los datos usados en el análisis provienen de la encuesta en fincas, y fueron complementados, en los casos necesarios, con datos sobre los insumos y los productos agrícolas, recogidos durante entrevistas específicas e intensivas a los agricultores de la región.

Los cálculos se llevan a cabo mediante la simulación Monte Carlo. El análisis de la simulación se realizó usando el programa @Risk de Palisade Corporation. El modelo corrió 2000 repeticiones antes de llegar a la convergencia. Se evalúa la convergencia de la simulación por la cantidad de cambio en tres estadísticos: el cambio porcentual medio en los valores de los percentiles, el valor medio y la desviación estándar. Cuando el cambio porcentual en estos estadísticos es inferior a un umbral establecido, significa que se logra la convergencia de los valores medios. En este estudio, se estableció el valor de umbral en 1.5%. El método implica estimar la FDA del VNA simulando un proceso de muestreo de la distribución de probabilidad de las variables aleatorias en el análisis. Siguiendo el ejemplo anterior, se obtiene la FDA de los beneficios brutos efectuando el muestreo de la distribución de probabilidad de la variable rendimiento y multiplicándola por un valor de muestra de la distribución de probabilidad de la variable precio. Se repite este proceso muchas veces para obtener una estimación robusta de la FDA de los beneficios brutos.

El análisis se basa en varios otros supuestos que hay que identificar (Buckles y Erenstein 1996). Supone que la tierra de cultivo está disponible con facilidad (es una unidad adicional o marginal) y que es asignada al maíz (es el uso de la tierra preferido). Como se indica en el Capítulo 2, en el norte de Honduras se dispone de tierras de cultivo a un costo relativamente bajo y los cultivos anuales distintos del maíz se producen en cantidades muy pequeñas. Dentro de estos parámetros, las opciones para el agricultor son cultivar maíz en el sistema de descanso arbustivo o en el sistema de abonera. Por consiguiente, ignoramos el costo de la tierra y los costos de oportunidad y nos concentramos en las utilidades por unidades de tierra, de trabajo y otros factores de la producción.

Al elaborar los presupuestos de los sistemas alternativos, tomamos en cuenta únicamente los efectos a corto plazo. Se usaron los precios de campo financieros en los cálculos y se ignoraron todos los beneficios a largo plazo (la conservación del suelo).

El análisis a nivel de los campos

Las utilidades por unidad de tierra

El período de comparación entre las dos alternativas usado en la simulación es de seis años, un ciclo corriente en el actual sistema de descanso arbustivo. El análisis supone que el maíz de primera y el de postrera se producen en el sistema de descanso arbustivo hasta por dos años consecutivos, seguidos de un período de descanso de unos cuatro años. Todo el ciclo de seis años da como resultado una intensidad anual del uso de la tierra (IUT) de 33%). En contraste, los agricultores cultivan un campo con abonera una vez al año en una rotación continua con el frijol terciopelo. Como el período de comparación es el ciclo de seis años usado en el sistema de descanso arbustivo, la IUT del sistema de abonera es de 50%.

Si bien la principal razón para las utilidades superiores por unidad de tierra en el sistema de abonera puede ser advertida de inmediato con esta comparación, las trayectorias particulares que siguen los costos y los beneficios en el transcurso del tiempo en los dos sistemas son muy diferentes. Los costos de establecer un sistema de abonera (principalmente el costo del trabajo y los costos de oportunidad de la tierra) se pagan en los primeros dos años, mientras que los beneficios generados por la inversión se concretan sólo en el tercer año y después. Este período inicial o de inversión debe ser evaluado en términos económicos teniendo en cuenta los horizontes de planificación de los agricultores y el grado en que los agricultores descuentan los beneficios futuros del sistema de abonera. En el Apéndice IV se presentan los presupuestos anuales para el período de seis años del análisis.

El Cuadro 36 muestra el flujo de beneficios netos anuales generados por los dos sistemas y el flujo adicional de beneficios, evaluados según los valores medios de las variables aleatorias (rendimientos y precios del maíz). Las cuatro últimas filas del cuadro muestran, para ambos sistemas, el VNA del flujo anual de beneficios netos y el flujo adicional, calculados conforme a distintas tasas de descuento. Las utilidades por unidad de tierra en el sistema de abonera son más altas que las generadas en el sistema de descanso arbustivo, aun con tasas de descuento de hasta 100%.

Cuadro 36. Flujo anual de las utilidades netas medias por unidad de tierra en los sistemas de abonera y descanso arbustivo.

	Utilidades netas medias (US$ ha^{-1})		
	Abonera	Descanso arbustivo	Flujo adicional
Año			
1	97.85	119.92	-22.08
2	89.30	135.54	-46.24
3	192.79	0.00	192.79
4	192.79	0.00	192.79
5	192.79	0.00	192.79
6	192.79	137.87	54.92
VNA (10%)	734.60	328.75	405.84
VNA (30%)	487.80	261.32	226.48
VNA (100%)	232.87	192.00	40.87
VNA (150%)	183.66	175.55	8.11

Nota: VNA, valor neto actual; US$, dólares estadounidenses. Los valores entre paréntesis son las tasas de descuento usadas en el cálculo del VNA.

Se puede ahondar el análisis usando un método probabilístico para considerar los efectos del sistema de abonera sobre el riesgo para el rendimiento. El Cuadro 37 presenta la distribución de probabilidad del VNA del flujo adicional de beneficios netos de los sistemas de aboneras y de descanso arbustivo. Muestra la probabilidad de que el VNA del flujo adicional de beneficios netos sea mayor que cero (es decir, la probabilidad de que el sistema de abonera sea más rentable que el sistema de descanso arbustivo). Estos parámetros se estimaron con distintas tasas de descuento (con el horizonte de planificación fijado en seis años) y con diferentes horizontes de planificación (con la tasa de descuento fijada en 30%).

Los resultados del análisis probabilístico indican que, cuando el horizonte de planificación abarca los seis años del ciclo de descanso arbustivo, el sistema de abonera tiene más de un 80% de probabilidades de producir un VNA de beneficios netos mayor que el del sistema de descanso arbustivo. Aun con tasas de actualización de hasta 100%, las probabilidades todavía son muy altas (más del 60%). En contraste, cuando el horizonte de planificación es de dos años, las probabilidades de concretar una ventaja con el sistema de abonera son de sólo 13%.

Esta comparación indica que el horizonte de planificación es una restricción mucho más significativa que la tasa de actualización en la toma de decisiones por los agricultores. Para los agricultores limitados a un período de planificación breve, el sistema de abonera no es una opción viable. Por el contrario, cuando el período de planificación es de tres o más años es muy probable que el sistema de abonera genere beneficios netos más altos que los del sistema de descanso arbustivo, cualquiera que sea el grado en que se descuenten los beneficios futuros.

Las utilidades por unidad de trabajo

Las familias de agricultores consideran no sólo las utilidades por unidad de tierra al evaluar las consecuencias económicas de distintas alternativas, sino también las utilidades netas por unidad de mano de obra familiar, que pueden ser tan importantes como las primeras, en particular en un lugar como el norte de Honduras, donde hay una relativa abundancia de tierras.

El Cuadro 38 presenta un calendario mensual de las actividades comunes en la producción de maíz de primera y de postrera y las necesidades de mano de obra por unidad de tierra para cada actividad. Los datos indican que el maíz de primera requiere un total de 65 días-persona ha^{-1}. El maíz de postrera en el

Cuadro 37. Algunos parámetros de la distribución del VNA del flujo de beneficios netos adicionales por unidad de tierra con distintas tasas de descuento y horizontes de planificación.

Tasa de descuento (%)	Promedio (US$ ha^{-1})	DE (US$ ha^{-1})	*P* (VNA > 0) (%)	Horizonte de planificación (años)	Promedio (US$ ha^{-1})	DE (US$ ha^{-1})	*P* (VNA > 0) (%)
10	409	515	83	1	-22	8	0
30	229	300	82	2	-58	62	13
50	137	195	79	3	57	118	70
70	85	137	75	4	146	193	82
90	53	103	70	5	213	253	86
110	32	80	66	6	229	300	82

Nota: VNA, valor neto actual; DE, desviación estándar; US$, dólares estadoundideneses.

Cuadro 38. Calendario de actividades y necesidades de mano de obra por unidad de tierra para la producción del maíz en distintas temporadas y sistemas.

	Necesidades de mano de obra (días-persona ha^{-1})											
Actividad	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov
								Temporada primera				
Roza y quema						20						
Siembra							5					
Primera desyerba								12.5				
Segunda desyerba									2.5			
Doblado del maíz										5		
Cosecha del maíz												20
			Temporada postrera									
Roza (descanso arbustivo)	12											
Roza (abonera)	10											
Siembra (descanso arbustivo)		5										
Siembra (abonera)		5										
Primera desyerba (descanso arbustivo)			11									
Primera desyerba (abonera)			9									
Segunda desyerba (descanso arbustivo)				2.5								
Segunda desyerba (abonera)				2.5								
Siembra de *Mucuna*												
Cosecha (descanso arbustivo)					17							
Cosecha (abonera)					18							

sistema de descanso arbustivo necesita 47.5 días-persona ha^{-1}; en el sistema de abonera, esa cantidad se reduce a 44.5 días-persona ha^{-1}. El sistema de abonera en promedio requiere cuatro días-persona ha^{-1} menos para limpiar el campo y desyerbar, pero necesita un día-persona ha^{-1} adicional para cosechar el maíz, que tiene un rendimiento más alto.

En el Cuadro 39 se pueden ver las repercusiones económicas de los efectos de ahorro de mano de obra del sistema de abonera. El cuadro presenta el flujo anual de mano de obra familiar usada en los sistemas de descanso arbustivo y de aboneras (días-persona ha^{-1}), así como el flujo anual de beneficios netos anuales generados por cada sistema en términos de las utilidades por día-persona por hectárea de tierra. (Los datos de la encuesta en fincas muestran que la mitad de los agricultores entrevistados contrataban trabajadores de fuera de la finca, principalmente para la preparación de la tierra y la siembra. El análisis de la simulación supone que esas actividades son realizadas por un 50% de mano de obra contratada y un 50% de mano de obra familiar, mientras que las actividades restantes son realizadas usando exclusivamente mano de obra familiar). La última columna del cuadro presenta el flujo adicional de utilidades netas anuales por unidad de mano de obra, valores que son claramente superiores a los del sistema de descanso arbustivo.

El flujo de utilidades netas por unidad de mano de obra es más inmediato que el observado por unidad de tierra. Las utilidades por unidad de mano de obra en el sistema de abonera son más bajas que en el sistema de descanso arbustivo durante el primer año, pero la estimación se modifica por completo en el segundo año, cuando caen los costos de mano de obra. Aun antes de que se agreguen los beneficios de rendimiento al final del segundo año, el sistema de abonera proporciona utilidades netas más altas por unidad de mano de obra. El efecto positivo a corto plazo sobre las utilidades por unidad de mano de obra puede haber estimulado la adopción de la práctica en el norte de Honduras, posibilidad que concuerda las evaluaciones de los mismos agricultores acerca del sistema (véase el Capítulo 4).

La comparación de las necesidades de mano de obra en ambos sistemas también revela que, si bien el sistema de abonera necesita menos trabajo por unidad de tierra que el sistema de descanso arbustivo, se emplea más mano de obra en un período de seis años. La intensificación del uso de la tierra en el sistema de abonera implica un aumento del 23% en el total de mano de obra

Cuadra 39. Necesidades anuales de mano de obra familiar y resultados sumarios de la simulación del valor neto actual de las utilidades netas por unidad de mano de obra familiar.

Días-persona ha^{-1}	Utilidades netas anuales (US$ días-persona^{-1} ha^{-1})

Año	Abonera	Descanso arbustivo	Abonera	Descanso arbustivo	Flujo adicional
1	54.5	49.5	3.75	4.38	-0.63
2	19.0	45.5	6.65	4.93	1.72
3	19.0	0	12.10	0.00	12.10
4	19.0	0	12.10	0.00	12.10
5	19.0	0	12.10	0.00	12.10
6	19.0	27.0	12.10	7.06	5.04
Total	149.5	122.0	—	—	—

Nota: US$, dólares estadounidenses.

familiar empleada en la producción de maíz en esa tierra (27.5 días-persona ha^{-1} más, en el transcurso de seis años). En consecuencia, el sistema de abonera tiene un efecto doble sobre el uso de la mano de obra. Por una parte, se reducen los costos anuales de mano de obra por unidad de tierra, pero, por otra, se incrementa la demanda total de mano de obra en el ciclo de seis años. Estos efectos económicos se examinan más adelante en el análisis a nivel de las fincas y en la discusión de las repercusiones regionales del sistema de abonera.

El análisis de sensibilidad

El ACB de las utilidades netas por unidades de tierra y de mano de obra demuestra que el sistema de abonera es actualmente más rentable que el sistema de descanso arbustivo, al menos en el norte de Honduras. No obstante, esta ventaja económica está supeditada a las modificaciones en los factores principales que influyen en la rentabilidad relativa. El uso futuro del sistema de abonera en el norte de Honduras o la difusión de la tecnología en otras regiones exigen que estos factores permanezcan más o menos iguales.

El Cuadro 40 muestra los principales factores que determinan las diferencias entre el flujo de beneficios netos del sistema de abonera y el del sistema de descanso arbustivo con distintas tasas de descuento. Los datos revelan la sensibilidad del ACB a las modificaciones de esos factores. Por ejemplo, con tasas más bajas de descuento, el rendimiento de maíz concretado en el sistema de abonera es evidentemente el factor más importante. El coeficiente positivo de correlación de esta variable es muy fuerte.

La importancia de las diferencias estacionales en los precios del maíz también es indicada por los signos opuestos de los coeficientes de correlación de estas variables. Esta relación sugiere que, en tanto que continúen las diferencias estacionales de los precios, el sistema de abonera será más rentable que el de descanso arbustivo. Como la diferencia de precios es un resultado de la escasez

Cuadro 40. Análisis de sensibilidad del análisis de simulación del valor neto actual del flujo adicional de beneficios netos por unidad de tierra.

	Correlación en rangos de las distintas tasas de descuento					
Variable	10%	30%	50%	70%	90%	110%
Rendimiento del maíz de postrera con la abonera	0.91	0.89	0.87	0.84	0.86	0.84
Rendimiento del maíz de primera	—	—	—	—	-0.36	-0.42
Precio del maíz de postrera	0.35	0.34	0.33	-0.32	0.25	0.24
Precio del maíz de primera	-0.14	-0.18	-0.26	0.32	-0.11	-0.13

estacional de maíz en relación con una demanda estable, las políticas que afectan las importaciones de maíz probablemente tendrán un efecto marcado sobre la rentabilidad relativa del sistema de abonera. La actual tendencia ascendente de los precios internacionales del maíz indica que, al menos por el momento, probablemente continuarán las diferencias estacionales de los precios del maíz.

En síntesis, el sistema de abonera es económicamente más productivo a nivel de los campos, cuando se considera (en el margen) una sola unidad de tierra en el ciclo de seis años del sistema de descanso arbustivo. Sin embargo, estas utilidades por unidad de tierra se concretan sólo si el horizonte de planificación del agricultor es de más de dos años, lo cual implica que la adopción del sistema de abonera está sujeta a factores que condicionan los horizontes de planificación de los agricultores. Las utilidades por unidad de mano de obra son algo más inmediatas (a mediados del segundo año). Si bien se reducen los costos anuales de mano de obra en el sistema de abonera, la intensificación del uso de la tierra incrementa la demanda global de mano de obra, un efecto económico importante en un país donde son limitadas las oportunidades de invertir la mano de obra familiar. No obstante, la rentabilidad relativa del sistema de abonera es sensible a las modificaciones del rendimiento del maíz en los dos sistemas y de la estacionalidad de los precios del maíz, factores que se examinan más a fondo en capítulos posteriores.

El análisis a nivel de las fincas

Las repercusiones económicas del sistema de abonera no se pueden evaluar únicamente a nivel de los campos. La adopción de este sistema implica una serie de asignaciones de tierra y mano de obra que afectan a toda la finca, las cuales son evaluadas por los agricultores teniendo en cuenta sus objetivos más amplios de sustento y otras fuentes de ingresos y usos diferentes de la tierra. En esta sección examinamos los efectos

económicos de otras asignaciones de tierra y mano de obra a nivel de la finca y el potencial de generar ingresos del sistema de abonera en comparación con el de otras formas importantes de uso de la tierra.

Los patrones de cultivo

Antes de que se introdujera el sistema de abonera, la mayoría de los agricultores de la región sembraban maíz durante varios ciclos en el mismo campo, seguidos de un extenso período de descanso arbustivo. En la actualidad, los agricultores tienen más opciones al asignar la tierra, las cuales se indican en forma esquemática en la Figura 21. Los agricultores pueden decidir continuar cultivando

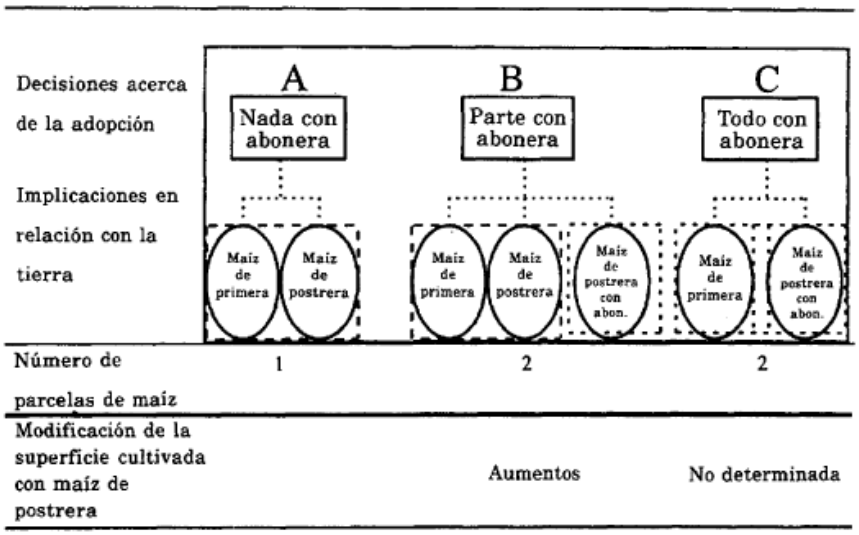

Figura 21. Decisiones acerca de la adopción y la asignación de la tierra, norte de Honduras.

maíz de primera y de postrera en el sistema de descanso arbustivo, sin establecer un campo de frijol terciopelo (escenario A en la figura). Alternativamente, los agricultores pueden decidir asignar un campo al sistema de abonera mientras continúan con el patrón tradicional de cultivo doble en un campo de descanso arbustivo (escenario B). Por último, los agricultores pueden optar por emplear dos patrones de cultivo distintos y exclusivos, con un solo cultivo de maíz de primera según el patrón anual de descanso arbustivo y un cultivo de maíz de postrera producido en un sistema de abonera (escenario C).

Los tres escenarios tienen características distintas en cuanto a la cantidad de parcelas de maíz cultivadas por familia y la superficie dedicada al maíz en un período de seis años, el ciclo del sistema de descanso arbustivo (Cuadro 41). En el Cuadro 41, una “parcela” significa una porción física de tierra, mientras que una “unidad de tierra” se refiere al uso de la parcela en el transcurso del tiempo. El agricultor que emplea sólo el sistema de descanso arbustivo (escenario A) cultiva una parcela de tierra durante dos años y luego cambia a una parcela nueva durante cuatro años. En todo momento, hay dos parcelas de tamaño similar en descanso, para un total de tres parcelas. En el período de seis años, se cultiva un total de 12 unidades de tierra.

Los agricultores que agregan un campo de abonera a su sistema (escenarios B y C) necesitan cuatro parcelas, tres para mantener la rotación con descanso arbustivo y una cuarta para la abonera. Esto representa un aumento del 33% en la cantidad de parcelas cultivadas. En el escenario B, la superficie total cultivada con maíz que resulta de agregar una abonera aumenta en un 158%, suponiendo que los agricultores destinen por completo al maíz cada unidad de tierra abierta para el cultivo. En el escenario C, la superficie total cultivada con maíz también aumenta (58%). Además, los agricultores tienen una mayor flexibilidad en el usode las parcelas dedicadas al sistema de descanso arbustivo ya que pueden cultivar un cultivo diferente en la postrera (por ejemplo, frijoles) o simplemente

Cuadro 41. Intensificación del uso de la tierra en un período de seis años, como resultado de la adopción del sistema de abonera (hipotética).

	Decisiones acerca de la adopción en el maíz de postrera		
Uso de la tierra en los seis años	Sin abonera (escenario A)	Parte con abonera (escenario B)	Todo con abonera escenario C)
Número de parcelas usadas (*n*)	3	4	4
Aumento en comparación con los no adoptadores (%)		33	33
Unidades de tierra con maíz de primera (*n*)	6	7	7
Tamaño de cada unidad de tierra (ha)	1	1	1

Superficie total de maíz (ha)	6	7	7
Aumento en comparación con los no adoptadores (%)		17	17
Unidades de tierra con maíz de postrera (*n*)	6	12	6
Tamaño de cada unidad de tierra (ha)	1	2	2
Superficie total de maíz (ha)	6	24	12
Aumento en comparación con los no adoptadores (%)		300	100
Total de unidades de tierra con maíz cosechadas (*n*)	12	19	13
Aumento en comparación con los no adoptadores (%)		58	8
Superficie total de maíz cosechada (ha)	12	31	19
Aumento en comparación con los no adoptadores (%)		158	58

Nota: Unidad de tierra = 1 ha. La Figura 21 ilustra los escenarios A, B, y C.

dejar la parcela en descanso. En ambos escenarios, la adición de una parcela de abonera al sistema de producción de maíz representa un considerable incremento de la IUT.

Los datos de la encuesta en fincas revelan que el manejo de las fincas en el norte de Honduras se reparte casi por igual entre estos tres escenarios hipotéticos. Una tercera parte de los agricultores entrevistados continúan manejando todo su maíz en el sistema de descanso arbustivo. Otra tercera parte usa simultáneamente ambos sistemas de cultivo en una misma finca y en la misma temporada. Para estos agricultores, la adopción del sistema de abonera no sustituye al sistema de descanso arbustivo sino que se agrega a él. Por último, una tercera parte de los agricultores entrevistados producen todo su maíz de postrera en campos de aboneras y todo su maíz de primera en campos desbrozados después del descanso arbustivo. Los campos de la temporada primera quedan en descanso durante la postrera o son sembrados con otros cultivos anuales, como los frijoles y la yuca. Los agricultores que adoptan el sistema de abonera (escenarios B y C en la Figura 21) normalmente siembran dos parcelas de maíz en la postrera, mientras que los agricultores sin aboneras (escenario A) cultivan sólo una parcela. La cantidad total de la superficie de maíz también es mayor entre los agricultores que usan el sistema de abonera, en especial durante la postrera. Los adoptadores siembran en promedio 1.91 ha de maíz en la postrera, mientras que los no adoptadores siembran únicamente 1.24 ha (P = 0.05; Cuadro 42). Estas comparaciones se hicieron únicamente entre los propietarios de tierras porque tienen más flexibilidad que los arrendatarios en la decisión acerca de la adopción (véase el Capítulo 7).

Cuadro 42. Superficie media cultivada con maíz y número de parcelas de los agricultores propietarios, norte de Honduras, 1991.

	Temporada postrera		Temporada primera	
	Agricultores con abonera	Agricultores sin abonera	Agricultores con abonera	Agricultores sin abonera
Superficie media (ha)	1.91	1.24	1.63	1.18
DE	1.35	0.97	1.60	0.98
Diferencia	0.67*		0.45	
Número de parcelas	2	1	1	1

Nota: DE, desviación estándar
* Significativo con P = 0.05 (prueba f).

El empleo de la mano de obra

La introducción del sistema de abonera en el norte de Honduras modificó no sólo las asignaciones de la tierra a nivel de las fincas sino también la asignación de la mano de obra. El Cuadro 43 muestra las demandas mensuales de mano de obra para la producción de maíz a nivel de las fincas, estimadas para los tres grupos de agricultores señalados anteriormente: no adoptadores (escenario A), agricultores que usan ambos sistemas para producir maíz de postrera (escenario B) y agricultores que producen todo el maíz de postrera en el sistema de abonera (escenario C). Para calcular las necesidades de mano de obra, suponemos que los no adoptadores cultivan 1 ha de maíz de primera y de postrera. En el caso de una adopción parcial (escenario B), los agricultores cultivan 1 ha de maíz de primera, 1 ha de maíz de postrera en el sistema de abonera y hay 1 ha en descanso arbustivo. En el caso de la adopción total (escenario C), los agricultores cultivan 1 ha de maíz de primera y 2 ha de maíz de postrera en el sistema

de abonera. Se calculan entonces las necesidades de mano de obra multiplicando las necesidades por unidad de tierra por la superficie cultivada con maíz en la primera y la postrera.

Los datos indican que las necesidades anuales de mano de obra aumentaron 39 y 37% en la adopción parcial y total del sistema de abonera, respectivamente. Este incremento es resultado de que la superficie cultivada con maíz en la postrera es mayor que la destinada al cereal en el sistema de descanso arbustivo. El aumento de la superficie cultivada implica trabajo adicional, que debe ser realizado ya sea por la familia o por trabajadores contratados fuera de las fincas. (Obsérvese que la diferencia entre las necesidades de mano de obra del escenario B y las del escenario C son mínimas.)

En síntesis, el sistema de abonera cumple una función doble con respecto al empleo de mano de obra. En primer lugar, tiene un efecto de ahorro de trabajo por unidad de tierra (a nivel de los campos), un beneficio para los agricultores presionados por la escasez de mano de obra dentro de la familia. Este ahorro permite a los agricultores aumentar la superficie cultivada de maíz en la postrera con un aumento menos que proporcional en el empleo de mano de obra. A nivel de las fincas, la adopción del sistema de abonera lleva a un incremento de la mano de obra total empleada. Esto beneficia a las familias con oportunidades limitadas de invertir su mano de obra en actividades productivas y aumenta la demanda de mano de obra a nivel regional, aspecto que se analizará más a fondo a continuación.

Cuadro 43. Necesidades mensuales de mano de obra a nivel de las fincas con distintos sistemas de cultivo del maíz.

	Necesidades de mano de obra (días-persona) según la decisión acerca de la adopción en la postrera		
	Sin abonera (escenario A)	Parte con abonera (escenario B)	Todo con abonera (escenario C)
May	20.0	20.0	20.0
Jun	5.0	5.0	5.0
Jul	12.5	12.5	12.5
Ago	2.5	2.5	2.5
Sep	5.0	5.0	5.0
Oct	0	0	0
Nov	20.0	20.0	20.0
Dic	12.0	22.0	20.0
Ene	5.0	10.0	10.0
Feb	11.0	20.0	18.0
Mar	2.5	5.0	5.0
Abr	17.0	35.0	36.0
Total	112.5	157.0	154.0

Nota: La Figura 21 ilustra los escenarios A, B y C.

Repercusiones regionales

Los análisis revelan que el sistema de abonera tiene repercusiones a nivel de las fincas en relación con la superficie asignada al maíz de postrera, los beneficios anuales netos para los agricultores y la demanda global de mano de obra. La adopción extensa del sistema de abonera implica que estos efectos a nivel de las fincas pueden llevar a un aumento regional de la superficie total y de la magnitud de la producción del maíz de postrera.

El Cuadro 44 muestra que la contribución del maíz de postrera a la producción total de maíz en el norte de Honduras creció según una tasa de 1.4% anual entre 1975—1976 y 1994–1995, tasa superior a la del maíz de primera. Con el fin de ilustrar con más claridad la tendencia, la Figura 22 también muestra (con línea continua) el promedio variable de tres años. Durante la mayor parte de los años 70 y comienzos de los 80, la superficie asignada al maíz de postrera representó menos del 40% de la superficie total sembrada con maíz en la región.

Cuadro 44. Superficie, producción y rendimiento del maíz cultivado en la primera y la postrera, norte de Honduras, 1975–1976 y 1994–1995.

Año de cultivo	Superficie			Producción		
	Primera (ha)	Postrera (ha)	Correspondiente a la postrera (%)	Primera (t)	Postrera (t)	Correspondiente a la postrera (%)
1975–1976	12 644	7 053	35.8	26 588	14 159	34.7
1976–1977	13 672	8 570	38.5	25 299	18 711	42.5
1977–1978	14 722	10 088	40.7	24 010	23 262	49.2
1978–1979	18 008	10 404	36.6	31 408	15 593	33.2
1979–1980	11 708	8 161	41.1	9 868	9 468	49.0

1980–1981	25 855	13 831	34.9	41 232	23 071	35.9
1981–1982	26 167	20 631	44.1	53 446	30 493	36.3
1982–1983	15 812	14 966	48.6	19 695	21 529	52.2
1983–1984	20 615	9 646	31.9	36 843	20 892	36.2
1984–1985	30 687	6 588	17.7	56 019	13 231	19.1
1985–1986	9 921	13 271	57.2	27 205	26 876	49.7
1986–1987	9 483	13 271	58.3	19 156	26 876	58.4
1987–1988	20 629	15 879	43.5	47 377	28 970	37.9
1988–1989	21 078	11 670	35.6	34 327	22 516	39.6
1989–1990	12 329	12 159	49.7	21 143	23 427	52.6
1990–1991	11 641	16 233	58.2	25 245	29 659	54.0
1991–1992	14 035	12 810	47.7	22 403	21 837	49.4
1992–1993	18 459	13 699	42.6	45 280	26 471	36.9
1993–1994	17 899	12 019	40.2	28 445	15 651	35.5
1994–1995	13 188	12 040	47.7	19 582	19 232	49.5

Fuente: Secretaría de Recursos Naturales (1984, 1991, 1994, 1995).

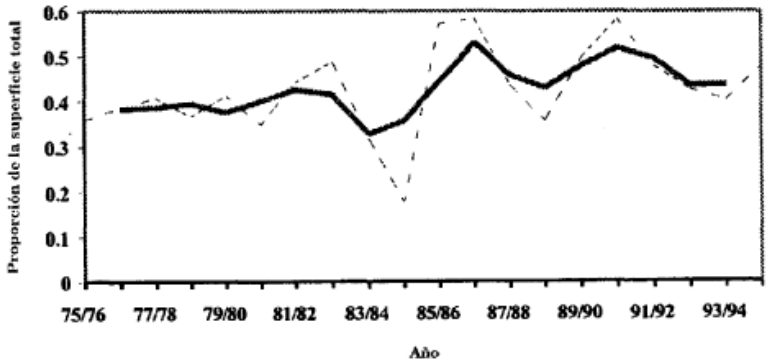

Figura 22. Superficie cultivada con maíz en la postrera como proporción de la superficie total de maíz, norte de Honduras, 1976–1994.

A mediados de los 80, la proporción de maíz correspondiente a la postrera comenzó a aumentar y, para fines del decenio, se había convertido en el ciclo más importante.

A causa de la posible influencia de factores exógenos, es difícil establecer la conexión entre la adopción del sistema de abonera y la contribución del maíz de postrera a la producción total de maíz en el norte de Honduras. Por desgracia, no se dispone de datos a nivel del departamento sobre las variables de interés desglosados según el ciclo de cultivo. Esto nos hubiera permitido comparar áreas con y sin adopción extensa del sistema de abonera. No obstante, se pueden usar los datos disponibles para determinar la asociación entre el crecimiento de la importancia del maíz de postrera y la expansión del sistema de abonera, que es una medida indirecta de las repercusiones regionales.

Para determinar esta asociación, efectuamos la regresión de la serie sobre la proporción relativa de la superficie cultivada con maíz de postrera (A_t), sobre el porcentaje de agricultores que adoptaron el sistema de abonera (A_{at}) y sobre la razón entre los precios del maíz de postrera y de primera, retrasados un año (P_{mt-1}).

Para estimar el patrón de la adopción en el tiempo, adaptamos una función logística a los datos de la encuesta en fincas en el departamento de Atlántida. La ecuación logística tiene la forma siguiente:

$$Y = K/(1 + e^{-a-bt}) \qquad [4]$$

donde K es el límite máximo de la adopción; t es el tiempo (en años) y a y b son parámetros desconocidos que se estimarán (Programa de Economía del CIMMYT 1993).

Se supuso una K del 70%. Este valor es razonable dado que la tenencia de la tierra parece ser un factor importante que influye en la adopción del sistema de abonera (véase el Capítulo 7) y que alrededor del 75% de los agricultores de la región son propietarios de sus tierras. Estimamos la ecuación mediante cuadrados medios ordinarios, transformando la ecuación usando el valor de K definido en 70%:

$$Y^*_t = -6.63 + 0.437t \qquad [5]$$
$$(-17.8^{**}), (18.7^{**}); R^2 = 0.98; n = 15$$

donde Y^*_t es la variable transformada, In $(Yt/K - Y_t)$, que permite la linearización de la ecuación; los valores entre paréntesis son estadísticos t, y ** indica que el coeficiente asociado es significativo (P = 0.01). La Figura 23 muestra el patrón de adopción observado y el estimado.

El análisis de la asociación entre las dos series produjo el siguiente resultado:

$$A_t = 0.33 + 0.18A_{a_t} + 0.03p_{m_{t-1}} \quad [6]$$
$$(3.6^{**}),\ (0.60);\ R^2 = 0.52;\ n = 15;\ \text{Durbin-Watson} = 1.56$$

donde los valores entre paréntesis indican valores *t*, y** indica que el coeficiente es significativo ($P = 0.01$). El valor de la prueba de Durbin-Watson indica la ausencia de autocorrelación en la ecuación estimada.

El efecto de la expansión del sistema de abonera sobre la importancia relativa de la postrera para la oferta de maíz se refleja en el altamente significativo coeficiente de la variable de la adopción. Un aumento del 10% en la cantidad de agricultores que adoptaron el sistema de abonera en la zona del estudio dio como resultado un incremento de casi 2% en la importancia relativa de la postrera para la oferta de maíz a nivel regional.

Si bien no se puede excluir la influencia de otros factores que afectan la asignación de las tierras en los ciclos, durante este período no se introdujeron otras innovaciones tecnológicas con el potencial de producir el cambio observado en la

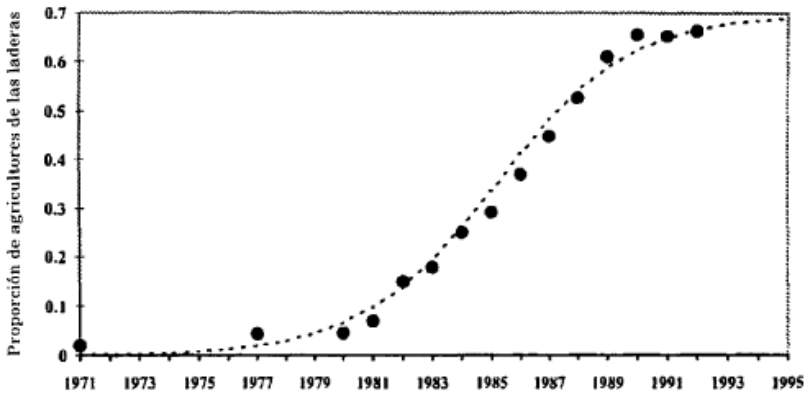

Figura 23. Patrones observados y estimados de la difusión del sistema de abonera, norte de Honduras.

asignación de las tierras entre los ciclos. Un análisis comparativo de la tecnología de producción de maíz desde 1982–1983 a 1992–1993 no mostró otras modificaciones importantes producidas en ese período más que la introducción del sistema de abonera (Sain y Matute Ortiz 1992). Si bien el análisis es indirecto, sugiere que el desarrollo y la difusión del sistema de abonera estimuló la producción del maíz de postrera, hecho que a su vez puede haber aumentado los ingresos agrícolas y la demanda de mano de obra a nivel regional.

Los mercados de arrendamiento de tierras

El desarrollo del sistema de abonera también parece haber tenido un efecto en los mercados regionales de arrendamiento de tierras. La capacidad del sistema de abonera de aumentar la productividad de la tierra en el cultivo del maíz de postrera es bien conocida por los agricultores y esto se refleja en la disposición de éstos a pagar más renta por la tierra sembrada con frijol terciopelo.

Se estudiaron los mercados de arrendamiento de aboneras en el contexto de las tendencias más amplias de los mercados de tierras en las laderas del norte de Honduras. El análisis determinó que el precio de venta o compra de la tierra agrícola es influido por la capacidad de ésta de producir rentas económicas a largo plazo y por otros factores, como el grado de urbanización y accesibilidad (la distancia a las carreteras), y algunas variables macroeconómicas, como la tasa de inflación. En contraste, el mercado de arrendamiento de las tierras agrícolas depende principalmente de la productividad específica de la tierra a corto plazo. Un agricultor que desea arrendar una parcela por un solo año o un solo ciclo de cultivo prestará mucha atención a los factores relacionados con la fertilidad de la tierra y no a otros tipos de factores.

El Cuadro 45 muestra que los precios de arrendamiento de la tierra en el norte de Honduras varían conforme al tipo de vegetación que predomina en el terreno. El precio de arrendamiento de US$30.00 ha^{-1} para una abonera establecida (tres años o más) representa un incremento considerable (67%) en comparación con el precio de arrendamiento de tierra que ha estado en descanso o tiene pastizales. La diferencia absoluta de US$12.00 ha^{-1} representa la ganancia que perciben los agricultores al sembrar maíz en una parcela bajo el sistema de abonera, si suponemos el acceso a información perfecta sobre el mercado y ningún costo de transacción. No obstante, este valor es más bajo que la diferencia estimada entre los beneficios netos medios de sembrar maíz en una abonera establecida y los obtenidos con el sistema de descanso arbustivo (primera y postrera). La discrepancia se puede atribuir en parte a las utilidades devengadas

Cuadro 45. Precios de arrendamiento de la tierra según el tipo de vegetación, norte de Honduras, 1991.

	Precios de arrendamiento según el tipo de vegetación (US$ ha^{-1})				
	Abonera				
	<3 años (n = 23)	>3 años (n = 23)	*Guatal* (n = 23)	*Guamil* (n = 22)	Pastizal (n = 10)
Promedio	29.10	30.20	18.10	19.40	16.70

Mediana	27.00	27.00	16.20	16.20	14.80
Moda	27.00	27.00	13.50	13.50	17.00
DE	7.10	7.00	9.30	9.00	8.40
Mínimo	10.80	16.20	5.40	5.40	5.40
Máximo	43.10	43.10	43.10	43.10	27.00

Nota: DE, desviación estándar; US$, dólares estadounidenses. El *guatal* es un campo que se deja sin usar para la regeneración natural, por un período de tres o menos años. El *guamil* es un campo que se deja sin usar para la regeneración natural, por un periodo de unos cinco o más años.

por el arrendatario y, en parte, a las distorsiones del mercado de arrendamiento de tierras. Entre las más importantes estarían la falta de información de los gricultores acerca del incremento real en la productividad de la tierra, los efectos de otros usos de la tierra y los cambios en las políticas agrícolas. Por ejemplo, las compras masivas de tierras por empresas internacionales para producir piña han sido un importante factor distorsionante en el mercado de tierras de la zona. Además, las políticas de fijación de precios del maíz y de créditos han desalentado la producción del cereal y promovido un cambio a otros usos de la tierra. A continuación se examinan brevemente las razones económicas de este cambio del uso de la tierra.

La rentabilidad relativa de la producción de maíz

Si bien el sistema de abonera evidentemente es económicamente superior al sistema de descanso arbustivo, no es la única opción disponible para los agricultores de la región. A pesar de sus méritos, el breve barbecho con frijol terciopelo usado en el sistema de abonera todavía limita la producción de maíz a una sola cosecha al año, mientras que son viables dos cosechas cuando el agricultor usa insumos extemos, como los fertilizantes químicos, y el control mecanizado de la maleza. Además, el sistema de abonera no se presta para la siembra periódica de otros cultivos anuales — como frijoles, arroz y chiles — o las rotaciones secuenciales con pastizales para apacentar el ganado.

La comparación de los costos y beneficios de estos usos alternativos de la tierra, la mano de obra y el capital disponibles proporcionaría un panorama más completo de las implicaciones económicas del sistema de abonera y de las razones por las cuales los agricultores de las laderas continúan manteniendo ciertas tierras bajo el sistema de descanso arbustivo. Por desgracia, una discusión sistemática de esto está fuera de los limites de este estudio, en parte a causa de la complejidad y la cantidad de los datos necesarios para aclarar esas cuestiones. Se puede obtener una indicación de las comparaciones más importantes en los pocos otros estudios regionales realizados hasta el momento para considerar este tema, agregando algunos datos cualitativos nuestros.

Flores (1993) comparó el sistema de abonera con un sistema mecanizado basado en fertilizantes para producir el maíz; ambos sistemas se situaban en las tierras planas de la llanura del litoral. Estimó que la producción mecanizada y fertilizada de maíz daba a los agricultores utilidades netas por hectárea de tierra un 18% más altas, pero las utilidades por unidad de capital invertido eran considerablemente más bajas (un 30% más bajas que en el sistema de abonera). Los créditos públicos desempeñaron una importante función en mantener el sistema de elevados insumos externos, servicio que por lo general no está disponible para los agricultores de las laderas. Flores también observó que 52% de los gastos totales de efectivo en el sistema de abonera eran devueltos a los agricultores locales en la forma de salarios por su trabajo, pero alrededor del 72% de los costos financieros en el sistema mecanizado correspondían a insumos y servicios generados fuera de la comunidad. En consecuencia, si bien el sistema de elevados insumos extemos es más rentable desde la perspectiva de los agricultores, también puede ser considerado menos provechoso para la economía local. Rubén et al. (1997) usaron un método de función de la producción en un estudio comparativo del sistema de abonera y un sistema de elevados insumos extemos y encontraron que la productividad relativa del sistema de abonera es en extremo vulnerable a las fluctuaciones de los precios del maíz, resultado que concuerda con nuestro análisis de los factores que influyen en la adopción efectuado en el Capítulo 7.

Humphries (en prensa) estimó que la producción de frijol de verano da utilidades netas anuales de US$300 ha^{-1}, mientras que los frijoles de invierno tuvieron utilidades aun más altas (unos US$400 ha^{-1}). Las utilidades de la producción de chiles tabasco para los mercados industriales de la región fueron considerablemente más altas, alrededor de US$2 000 ha^{-1} según las estimaciones de la investigadora. Estas utilidades son muy superiores a los US$100 ha^{-1} que ella estimó para el maíz cultivado en un sistema de abonera, si bien son comparables con nuestras propias estimaciones. Sin embargo, Humphries observó que el riesgo de un fracaso de la cosecha de frijoles es mucho más alto que el del maíz y que es en extremo elevada la pérdida de suelo en la producción de frijoles (especialmente los frijoles de verano). La producción de chiles tabasco también entraña grandes riesgos y requiere la aplicación frecuente de plaguicidas para asegurar un cultivo saludable. Las repercusiones económicas de estos riesgos y los costos de la degradación del suelo a largo plazo no se pueden cuantificar a partir de los datos disponibles.

La rentabilidad de los cultivos anuales no se puede comparar con la de la producción pecuaria únicamente sobre la base de las utilidades por unidad de tierra a causa de las diferencias fundamentales entre las prácticas de manejo de la tierra de las dos actividades. Sin embargo, adoptando un enfoque de la totalidad de la finca, Humphries (en prensa) estimó que un agricultor con tres vacas que dan leche podría concretar utilidades anuales tan altas como las obtenidas por el típico productor de maíz y frijoles en las laderas. (El agricultor típico empleado en el cálculo cultiva 3 ha de maíz [2 ha en una abonera y 1 ha en un sistema de descanso arbustivo] y 1 ha de frijoles en los dos ciclos de frijol). Las entrevistas que realizamos a varios ganaderos cerca de San Francisco de Saco, Atlántida, indican que un hato de 10 vacas lecheras puede fácilmente generar ganancias totales de unos US$2 700, un ingreso considerable comparado con el producido por el cultivo del maíz o el trabajo asalariado. (Se puede esperar que un hato de 10 vacas lecheras, cada una de las cuales produce 5 1 d^{-1} durante 200 d al año, genere utilidades totales de US$2 700, suponiendo un precio de la leche de US$0.25 l^{-1}.) En ambos estudios, los ganaderos hicieron hincapié en que la producción lechera es mucho menos arriesgada y requiere considerablemente menos esfuerzo físico que la muy difícil e incierta labor de cultivar maíz. Estas ventajas son más irresistibles a la luz de la creciente demanda regional de leche y productos lácteos, como los quesos.

Conclusiones

Los análisis a nivel de los campos y de las fincas del sistema de abonera indican que es considerablemente más rentable que el sistema de descanso arbustivo. La intensidad del uso de la tierra es mayor en el sistema de abonera (IUT de 50%, en comparación con 33% en el sistema de descanso arbustivo), y son mucho más altas las utilidades netas por unidades de tierra y de mano de obra. No obstante, estos beneficios netos se concretan después de dos años, período durante el cual los agricultores invierten trabajo en el establecimiento del frijol terciopelo y renuncian a los beneficios de la producción de maíz en esa parcela durante la primera temporada de lluvias posterior al establecimiento. Una vez establecido el sistema de abonera, las probabilidades de utilidades netas más altas por unidades de tierra y de mano de obra son muy grandes (60–80%).

El ACB probabilístico revela que es más probable que los factores que influyen en los horizontes de planificación de los agricultores (como la seguridad del acceso a la tierra) afecten la adopción del sistema de abonera, más que los factores que influyen en la sensibilidad de los agricultores a descontar beneficios futuros (como la vulnerabilidad a deficiencias en la provisión familiar de maíz). Una consecuencia es que no se puede suponer que los agricultores en pequeña escala simplemente rechacen las prácticas con estrategias de inversión basadas en beneficios futuros descontados. Al menos en este caso, con un modesto horizonte de planificación (más de dos años), los agricultores con virtualmente cualquier tendencia a descontar beneficios futuros están justificados al invertir en el sistema de abonera.

La rentabilidad del sistema de abonera es sensible a las modificaciones del rendimiento relativo de maíz en los dos sistemas alternativos, así como al carácter estacional de los precios del maíz. Sin embargo, estos factores no sufrirán cambios en un futuro cercano. Es probable que los rendimientos en el sistema de descanso arbustivo continúen como hasta ahora como resultado de las restricciones del empleo de fertilizantes químicos en la región (la ausencia de créditos y los altos costos del transporte hasta los campos alejados) y las pérdidas del suelo como consecuencia de la intensificación de los sistemas de descanso arbustivo en las laderas. Las tendencias ascendentes de los precios internacionales del maíz probablemente eliminarán importaciones del cereal, con lo cual también se intensificarán la estacionalidad de los precios del maíz y la rentabilidad relativa del sistema de abonera.

Las utilidades más altas por unidades de tierra y de mano de obra en el sistema de abonera parecen convertir a éste en la forma económicamente lógica de cultivar maíz. No obstante, en la adopción de decisiones por los agricultores influyen los problemas de seguridad alimentaria. No están dispuestos a renunciar por completo a la producción de maíz de primera y, por consiguiente, siempre mantienen ciertas tierras bajo el sistema de descanso arbustivo. Algunos agricultores (dos terceras partes de los entrevistados) combinan el sistema de abonera con el sistema de descanso arbustivo, menos rentable, mientras que el resto se aferra a este último sistema para toda su producción de maíz.

Las consecuencias económicas de los patrones de cultivo disponibles para los agricultores son dobles. Los agricultores que incorporan el sistema de abonera en sus fincas fácilmente pueden incrementar el total de tierras dedicadas al maíz de postrera, con un aumento inferior al proporcional en los costos de mano de obra. Este efecto, combinado con un aumento de la IUT en el sistema de abonera, da como resultado un incremento global del empleo de mano de obra a nivel de las fincas, un importante efecto económico en un país donde hay escasas oportunidades de invertir la mano de obra familiar de manera rentable.

Con estos factores que influyen a nivel regional, el sistema de abonera probablemente ha acrecentado la contribución relativa del maíz de postrera a la producción total de maíz y a los niveles generales de producción del cereal en la región. El potencial del sistema de abonera de generar utilidades más altas también ha estimulado el desarrollo de un mercado de arrendamiento de tierras para aboneras, que se arriendan a precios más altos que los otros tipos de tierra.

Este espacio en blanco intencionalmente dejado de la página

CAPITULO 7
FACTORES QUE INFLUYEN EN LA ADOPCIÓN DEL SISTEMA DE ABONERA

Hipótesis sobre la adopción

Los datos de la encuesta en fincas de 1992 indican que alrededor de dos terceras partes de los agricultores de las laderas del norte de Honduras usan el sistema de abonera para cultivar maíz de postrera (véase el Capítulo 4). Si bien este grado de adopción es considerable, también significa que una tercera parte de los agricultores no usan ese sistema.

Las diferencias entre los dos grupos pueden ser analizadas a la luz de las características del sistema de abonera que generan costos y beneficios. Las probabilidades de la adopción tienden a disminuir con las características que aumentan los costos en el sistema de abonera a nivel de las fincas, mientras que se puede esperar que las características que incrementan los beneficios aumenten las probabilidades de adopción. Este análisis supone, conforme a la economía tradicional, que la toma de decisiones por los agricultores se basa principalmente en su objetivo de

aumentar al máximo las utilidades a nivel de las fincas (Anderson et al. 1977). No obstante, en contraste con los estudios de la adopción que hacen hincapié en las características individuales de los agricultores en un determinado momento, nuestro análisis examina la función de efectos más amplios del mercado y de los cambios que se producen en los patrones de uso de la tierra y en las modalidades de tenencia de ésta durante el proceso de adopción de la tecnología. Reconocemos que un criterio de decisión puede ser importante para algunos agricultores pero no para otros y que las interacciones entre los factores pueden influir en el comportamiento de los agricultores en formas no previstas.

A continuación describimos siete hipótesis acerca de las características del sistema de abonera que probablemente influyan en la adopción y en la sección siguiente usaremos los datos de la encuesta para poner a prueba estas hipótesis.

- *Hipótesis 1* — Hay más probabilidades de que los propietarios de tierras adopten el sistema de abonera, en comparación con los arrendatarios. Los agricultores que adoptan el sistema necesitan un horizonte de planificación de dos años para concretar los rendimientos económicos de la inversión. Como se señaló en capítulos anteriores, el frijol terciopelo como cultivo de relevo del maíz de postrera no proporciona beneficios económicos directos hasta el siguiente ciclo de postrera. A causa de esta demora, se puede esperar que la seguridad del acceso a las mejoras del campo influya en las posibilidades de los agricultores de beneficiarse al adoptar el sistema de abonera y, por consiguiente, en su disposición a invertir en él. La propiedad de la tierra garantiza el acceso seguro a la tierra y es posible que un arreglo de tenencia de la tierra también aumente las probabilidades de la adopción. En contraste, los arreglos de arrendamiento de tierras en el norte de Honduras no son seguros. Normalmente se alquila la tierra por un ciclo y no hay seguridad del acceso al mismo campo en los ciclos posteriores. Los arrendatarios que consideran el empleo del sistema de abonera afrontan entonces el riesgo de perder su inversión. Esto puede reducir las probabilidades de que adopten la tecnología.

- *Hipótesis 2* — Es más probable que los agricultores que tienen muchas tierras adopten el sistema de abonera, en comparación con los que poseen poca tierra. La tierra dedicada al sistema de abonera no puede ser usada para cultivar maíz de primera u otros cultivos anuales importantes para los agricultores de las laderas del norte de Honduras. Prácticamente todos los agricultores de las laderas cultivan maíz en ambos ciclos y muchos de ellos también siembran frijoles, arroz y otros cultivos. La decisión de establecer una abonera en tierras que son propiedad de la familia impone entonces un costo de oportunidad equivalente al valor de los cultivos alternativos que podrían haberse producido en la misma tierra. El costo de oportunidad del sistema de abonera disminuirá a medida que aumenten los recursos de tierra con que cuentan los agricultores. Los agricultores con más tierras pueden asignar parte de ellas al sistema de abonera y seguir produciendo otros cultivos en el resto. En consecuencia, el costo de oportunidad asociado con el sistema de abonera es más bajo para los agricultores que poseen muchas tierras.

- *Hipótesis 3* — Se puede esperar que las actividades pecuarias influyan en la adopción del sistema de abonera por los agricultores. La tierra dedicada a este sistema compite no sólo con los cultivos anuales sino también con actividades ganaderas más rentables. La demanda de pastizales ha aumentado en forma espectacular en los últimos decenios a medida que la ganadería se expande en toda la región, aumentando la presión sobre la superficie disponible para la producción de cultivos. Este amplio cambio en los patrones de uso de la tierra influirá en la adopción del sistema de abonera por dos razones: dada la fuerte demanda regional de pastizales, el costo de oportunidad de establecer una abonera en lugar de un potrero es incluso más alto que el costo de oportunidad de no sembrar cultivos anuales; y el sistema de abonera entra en conflicto con las prácticas de manejo de los potreros comunes en las laderas del norte de Honduras. Como se señaló en el Capítulo 3, los pastizales a menudo son manejados en prolongadas rotaciones secuenciales con el descanso arbustivo y cultivos anuales, una estrategia flexible y discontinua de uso de la tierra, incompatible con las relativamente permanentes aboneras. La tierra manejada en una rotación secuencial puede ser convertida en pastizal o usada para diversos cultivos anuales con más facilidad que la tierra manejada como una abonera establecida. Por estas razones, los costos de adoptar el sistema de abonera son más altos para los agricultores que se dedican a la producción de pastizales y ganado.

- *Hipótesis 4* — Es más probable que los agricultores de las laderas con campos de maíz en pendientes empinadas adopten el sistema de abonera, en comparación con los agricultores con campos de maíz más planos. El análisis de las características agroecológicas del sistema de abonera, presentado en el Capítulo 5, revela que este sistema disminuye el riesgo para el rendimiento durante el ciclo de postrera, más seco, porque el mantillo de frijol terciopelo ayuda a conservar la humedad del suelo. Esto indica que el beneficio de la conservación de la tierra es mayor en los terrenos más empinados, donde la profundidad y la capacidad de retener la humedad del suelo son inherentemente menores que en los terrenos relativamente planos.

- *Hipótesis 5* — Se puede esperar que las restricciones en cuanto a disponibilidad de la mano de obra influyan en la decisión de los agricultores de adoptar el sistema de abonera. Este sistema es una tecnología que ahorra trabajo. Como se observó en los Capítulos 4 y 6, el sistema, al reducir los costos de preparación de la tierra y de desyerba, proporciona utilidades más altas por unidad de mano de obra en la postrera. Los beneficios de una mayor productividad de la mano de obra pueden ser particularmente importantes para las familias con restricciones en cuanto a mano de obra.

- *Hipótesis 6* — La menor necesidad de fertilizantes químicos (principalmente N) en el sistema de abonera puede influir en el comportamiento de adopción de los agricultores con un acceso limitado a fuentes comerciales de N. Por lo general los agricultores usan poco o ningún fertilizante comercial en el maíz de postrera sembrado en una parcela de abonera. La adopción del sistema de abonera ofrece a los agricultores una oportunidad de reducir los costos de las estrategias de uso intensivo de la tierra.

- *Hipótesis 7* — Es más probable que los agricultores orientados hacia el mercado adopten el sistema de abonera, en comparación con los agricultores de autoconsumo. La rentabilidad del sistema de abonera también está sujeta a los cambios estacionales de los precios del maíz en el norte de Honduras. Esos precios aumentan durante la postrera y caen bruscamente cuando se cosecha el maíz de primera (véase el Capítulo 2). Con el sistema de abonera, se puede cosechar maíz cuando los precios del cereal son más altos. En consecuencia, los agricultores orientados hacia el mercado dan a este beneficio adicional una importancia mayor que la que tiene para los agricultores

de autoconsumo.

Los costos de adquirir la semilla de frijol terciopelo y el conocimiento de sus usos pueden haber sido altos durante las primeras etapas de la difusión del sistema de abonera en el norte de Honduras; los factores que influyen en este costo de transacción, como las características del agricultor (lugar de origen, edad, educación, etc.), también pueden haber sido importantes hace 20 años. No obstante, en la actualidad está muy difundido el conocimiento de la tecnología y la semilla es fácilmente asequible en toda la región. Por consiguiente, los costos para los agricultores de tener acceso a la información y la semilla necesarias para adoptar la tecnología sin duda son muy bajos y tienen poca importancia para explicar la adopción del sistema de abonera por los agricultores del norte de Honduras. Las versiones del modelo de adopción que incluyeron las características de los agricultores y otras pruebas estadísticas de sus relaciones con la adopción no revelaron asociaciones significativas. En consecuencia, las características de los agricultores y otros factores representativos del costo de transacción no se incluyen en nuestro modelo de la adopción (que se presenta a continuación), si bien los costos de transacción pueden ser importantes en zonas donde es bastante reciente el empleo de la tecnología. Por consiguiente, en ciertas zonas se podría considerar el costo de transacción en un modelo general para examinar los factores que influyen en la adopción del sistema de abonera.

Análisis empírico

Los factores que influyen en la adopción del sistema de abonera antes señalados son complejos y están relacionados entre sí. Para examinar los efectos combinados de estos factores sobre la decisión acerca de la adopción, usamos el análisis por el método de logits de los datos de la encuesta en fincas, que incluyó a 126 productores de maíz[5]. Las variables usadas en el análisis, descritas en el Cuadro 46, siguen las hipótesis formuladas antes. Se definió una variable binaria para la decisión sobre la adopción (ELECCIÓN) como 1 si el agricultor cultivó por lo menos algo de maíz de postrera en el sistema de abonera durante el ciclo de invierno de 1991–1992, y como 0 si el agricultor no lo hizo. Los resultados de la regresión, presentados en el Cuadro 47, indican que los efectos combinados de las variables independientes explican en gran medida el comportamiento en cuanto a la adopción. El análisis de sensibilidad presentado al final de esta sección ayuda a establecer el orden de importancia de cada factor.

La tierra, el trabajo y los mercados

Para examinar los efectos de la propiedad de la tierra sobre la decisión acerca de la adopción, usamos una variable binaria que distinguía entre propietarios y arrendatarios. Como se podía esperar, los resultados de la regresión indican que es más probable que los propietarios adopten la tecnología, en comparación con los arrendatarios (hipótesis 1; $P = 0.01$). Esta tendencia puede reflejar las mayores posibilidades de que los propietarios concreten los beneficios de la inversión en el sistema de abonera, en comparación con los agricultores que dependen de tierras arrendadas. Inicialmente analizamos el efecto de los costos de oportunidad de la tierra sobre la adopción del sistema de abonera mediante su relación con una variable para el tamaño total de las fincas (incluyendo las tierras poseídas y las alquiladas), suponiendo que los costos de oportunidad de la tierra dedicada al sistema de abonera disminuirían con el tamaño de la finca (hipótesis 2).

[5] Agradecemos la asistencia de Kenneth Mullen y Paul Heisey en el empleo de técnicas de logits. No obstante, los errores en la interpretación son responsabilidad exclusiva de los autores.

Cuadro 46. Variables en la regresión logística.

Variable	Valor	% con un valor de 1	Media ± DE
ELECCIÓN	1 cuando se usa en algunos campos de maíz; 0 cuando no es así	64.3	
TENENCIA	1 cuando posee tierra; 0 cuando no la posee	71.4	
TIERRA CULT.	Tierra de cultivo poseída, incluyendo la tierra en descanso y la cultivada pero no los pastizales (ha)		5.6±8.2
ALQ 1º	Superficie arrendada en la temporada primera (ha)		0.7±1.2
ALQ 2º	Superficie arrendada en la postrera (ha)		0.5±0.9
PASTIZAL	Superficie con pastizales poseída (ha)		3.1±8.2
GINCL	Logaritmo del % de inclinación del campo principal de maíz		3.8±0.7
MOBRA	Suma de la mano de obra familiar aportada por los adultos (n = hombres + mujeres)		2.5±1.2
FERT 1ª	1 si el agricultor usa fertilizantes durante la temporada primera; 0 si no los usa	28.6	
VENTAS 2ª	1 si el agricultor vendió la mitad o más de la	48.4	

	cosecha de postrera en 1990; 0 si no hizo	

Nota: Tamaño de la muestra, 126; DE, desviación estándar.

Cuadro 47. Efecto de las características de las familias campesinas sobre la probabilidad de adopción del sistema de abonera, norte de Honduras.

Variable	Parámetros estimados	
	Coeficiente estimado de logit	Nivel de significación
TENENCIA	1.112 80	0.084 55
TIERRA CULT.	0.120 82	0.028 22
ALQ 1°	0.854 30	0.017 27
ALQ 2°	-0.661 98	0.079 99
PASTIZAL	-0.113 69	0.017 90
GINCL	0.853 26	0.023 61
MOBRA	0.180 42	0.406 89
FERT 1ª	-0.374 39	0.478 80
VENTAS 2ª	1.512 50	0.002 04

Nota: Tamaño de la muestra, 126; R^2 = 82.12; P= 0.05; porcentaje de predicciones correctas, 80.2%

Sin embargo, los resultados de la regresión no fueron significativos; el tamaño de las fincas no tuvo un efecto evidente sobre el comportamiento en cuanto a la adopción.

Se efectuó nuevamente la regresión por el método de logits con variables que distinguían entre la cantidad de tierras de cultivo y potreros poseídos y arrendados, en contraste con una variable agregada para el tamaño de las fincas. Formulamos la hipótesis de que los costos de oportunidad del sistema de abonera pueden depender de la cantidad de tierra disponible para los agricultores ya sea en propiedad o en los mercados de arrendamiento. Los mercados de arrendamiento de tierras bien desarrollados y de bajo costo pueden hacer menos costoso para los pequeños propietarios adoptar el sistema de abonera en su propia tierra y alquilar otra tierra para otros cultivos. El efecto de los mercados de arrendamiento de tierras sobre los costos de oportunidad de éstas y las subsiguientes decisiones acerca de la adopción será más evidente durante el primer ciclo, cuando la tierra sembrada con frijol terciopelo no está disponible para otros cultivos. Creamos variables para la tierra arrendada durante el primer ciclo y la alquilada en el segundo ciclo con el fin de analizar este efecto.

Los resultados de la regresión por el método de logits mostraron que la propiedad de la tierra y los mercados de arrendamiento de tierras afectan la adopción. Una variable para la cantidad de tierra en descanso y cultivada poseída por la familia (TIERRA CULT.) tiene un efecto positivo sobre la probabilidad de adopción (P = 0.05). Además, la superficie alquilada durante el primer ciclo (ALQ l°), cuando son más altos los costos de oportunidad del sistema de abonera, también tiene un efecto positivo y significativo sobre la adopción (P = 0.05). La superficie alquilada durante el segundo ciclo (ALQ 2°), cuando el sistema de abonera no presenta costos de oportunidad, tiene un efecto negativo sobre la probabilidad de adopción (P = 0.1). Estos resultados sugieren que la disponibilidad relativa de tierras, ya sea mediante tenencia o en los mercados de arrendamiento, reduce los costos de oportunidad del sistema de abonera y, por consiguiente, aumenta la probabilidad de adopción. También son evidentes los efectos estacionales de los mercados de arrendamiento de tierras sobre los costos de oportunidad de éstas.

Los efectos de las actividades pecuarias sobre la adopción del sistema de abonera (hipótesis 3) pueden ser analizados mediante su relación con la producción de pastizales. Una variable para la cantidad de potreros poseídos por una familia (PASTIZAL) tiene un efecto negativo sobre la adopción de la abonera (P = 0.05). (También se puso a prueba en el modelo de logits una variable para la posesión de ganado. Por sí sola, mostró un efecto significativamente negativo sobre la decisión acerca de la adopción, pero se usó en su lugar la variable PASTIZAL porque refleja más directamente el posible conflicto entre las prácticas de manejo de pastizales y el sistema de abonera.) Este resultado apoya la hipótesis de que la competencia entre las prácticas de manejo de los pastizales y el sistema de abonera aumentan los costos de adopción para los agricultores que se dedican a actividades ganaderas o de producción de pastizales. Dada la creciente importancia de la ganadería en la región, la evidente incompatibilidad de estos dos usos de la tierra puede convertirse en un significativo factor limitante de la adopción del sistema de abonera, aspecto que se analiza nuevamente más adelante.

Se incluyó en el análisis una variable para el porcentaje de inclinación del campo más grande de maíz cultivado por cada familia de agricultores (GINCL) con el fin de evaluar los efectos del tipo de tierra sobre los costos y beneficios de la decisión de adopción. Se usó una forma no lineal para el porcentaje de inclinación porque se puede esperar que la preocupación de los agricultores por los derrumbes de tierra en las pendientes muy empinadas sembradas en un sistema de abonera reduzcan la probabilidad de adopción en el extremo superior de la distribución (véanse las percepciones de los agricultores de los riesgos del sistema de abonera en pendientes muy empinadas, en el Capítulo 4). Se encontró un efecto positivo sobre la adopción (P = 0.05). Como se postuló en la hipótesis 4, es más probable que los agricultores con campos de maíz en pendientes más empinadas adopten el sistema de abonera, posiblemente porque los beneficios potenciales de la tecnología (reducción del riesgo) son mayores en esas condiciones del terreno.

Se analizó el efecto de las restricciones en cuanto a mano de obra familiar sobre la decisión acerca de la adopción mediante su relación con la disponibilidad de mano de obra en la familia (MOBRA), calculada como la suma de mano de obra de los adultos en la familia (n = hombres + mujeres). Nuestra hipótesis (hipótesis 5) era que los beneficios de ahorro de trabajo del sistema de abonera serían mayores para las familias con menos recursos de mano de obra disponibles para el trabajo en la finca. Sin embargo, el efecto de esta variable sobre la decisión acerca de la

adopción no fue significativo y el signo del coeficiente de la variable fue el contrario al previsto. Una posible explicación de este resultado es que las familias con poca mano de obra y con mucha mano de obra tal vez en realidad se beneficien por igual con la adopción del sistema de abonera, ya sea porque se reducen los costos de mano de obra por unidad de tierra o porque se libera mano de obra para invertirla en otras actividades. No obstante, tal vez la variable sencillamente no sea lo bastante sensible para captar el efecto de variaciones relativamente pequeñas en la disponibilidad de mano de obra dentro de la población de la muestra; es estrecha la desviación estándar de esta variable.

El efecto de las restricciones en cuanto a acceso a fertilizantes comerciales fue, según la hipótesis 6, un factor importante que afectó la adopción del sistema de abonera. Sin embargo, por motivos metodológicos el efecto no pudo ser determinado sobre la base del empleo real de fertilizantes durante el segundo ciclo ya que el sistema de abonera es percibido por los agricultores como un sustituto de bajo costo de los fertilizantes comerciales aplicados en el maíz de postrera. Como se observó anteriormente, los agricultores en general no aplican fertilizante al maíz sembrado en un sistema de abonera porque piensan que no es necesario para lograr rendimientos de maíz razonablemente altos. En consecuencia, el empleo de fertilizantes durante el segundo ciclo solaparía una relación endógena con la adopción, la variable dependiente.

No obstante, este problema de endogénesis no se presenta en el caso del empleo de fertilizantes comerciales en el maíz de primera. La aplicación de fertilizantes comerciales al maíz de primera ha aumentado notablemente en el último decenio y ahora se los considera ampliamente un insumo benéfico pero costoso para el maíz de primera. Por consiguiente, el empleo de fertilizante comercial en el maíz de primera (FERT l°) puede ser considerado un sustituto de las restricciones en cuanto al acceso a este insumo. Sin embargo, cuando se la introduce en la regresión por el método de logits la variable no es significativa, si bien el signo del coeficiente de la variable es negativo, como se esperaba. En consecuencia, con este análisis no se puede llegar a una conclusión acerca de este factor.

El efecto de la orientación hacia el mercado sobre la adopción del sistema de abonera (hipótesis 7) puede ser analizado mediante su relación con las ventas reales de maíz de los agricultores en la postrera. El sistema de abonera es idealmente apto para producir maíz en el segundo ciclo, cuando los precios del maíz alcanzan su valor más alto. Para los agricultores orientados hacia el mercado, los beneficios potenciales de la adopción serán más altos durante este período. Para poner a prueba este efecto, incluimos en el modelo una variable (VENTAS *2°)* que medía la proporción de la cosecha de maíz de postrera del año anterior vendida en el mercado (usamos un valor de 1 si el agricultor vendió la mitad o más de la cosecha, y de 0 si no lo hizo). El signo del coeficiente para esta variable es positivo, como se esperaba, y significativo con una $P = 0.01$, lo que indica que la orientación de los agricultores hacia el mercado sí influye en la decisión acerca de la adopción. Este resultado apoya los argumentos presentados antes de que los cambios en las políticas que afectan la estacionalidad de los mercados de maíz podrían tener efectos sobre la adopción del sistema de abonera.

En síntesis, cuatro tipos de factores tienen efectos significativos sobre la adopción del sistema de abonera por los agricultores: la seguridad del acceso a la tierra (hipótesis 1); las influencias en los costos de oportunidad de la tierra, como el tamaño de las fincas, los mercados de arrendamiento de tierras y el manejo de los pastizales (hipótesis 2 y 3); las características de la tierra (hipótesis 4) y la orientación de los productores de maíz hacia el mercado (hipótesis 7). Las restricciones en cuanto al acceso a fertilizantes comerciales (hipótesis 5) y los efectos de los recursos de mano de obra (hipótesis 6) no fueron concluyentes. En conjunto, los factores incluidos en el modelo permiten predecir correctamente 80.2% de las observaciones en la muestra, un resultado importante para análisis de esta naturaleza (véase el Cuadro 47).

Análisis de sensibilidad

Los factores cuantitativos y cualitativos examinados antes no tienen todos el mismo grado de efecto sobre la decisión acerca de la adopción. La importancia relativa de los factores cualitativos se puede ver al examinar las modificaciones de las probabilidades que resultarían de los cambios en los valores de estas variables. Para clasificar estos factores en orden de importancia, definimos a un “agricultor típico” conforme a los valores más frecuentes de las variables cuantitativas incluidas en el modelo. De ese modo, un agricultor típico es el que posee tierra (71.4%), no aplica fertilizante durante el primer ciclo (71.4%) y vende menos de la mitad de la cosecha de maíz de postrera (51.6%).

El Cuadro 48 muestra las probabilidades de adopción de este agricultor típico y el efecto de cambiar los valores de las variables cualitativas. Los resultados concuerdan con las expectativas. La probabilidad de adopción por un agricultor típico evaluada en la media muestral de las variables cuantitativas es de 64%, virtualmente igual al grado real de adopción indicado por los datos de la encuesta. En contraste, los agricultores que son típicos en todos los aspectos excepto porque venden más de la mitad de su cosecha de maíz de postrera tienen probabilidades mucho mayores de adopción (un aumento del 40% en comparación

Cuadro 48. Probabilidades de adopción del sistema de abonera por el agricultor típico y también por éste cuando se modifica el valor de una variable, norte de Honduras.

	Probabilidad de adopción
Agricultor típico: vende menos de la mitad de la cosecha de maíz de postrera, posee tierra y no fertiliza el maíz de primera	0.64
Agricultor típico, pero vende menos de la mitad de la cosecha de maíz de postrera	0.89
Agricultor típico, pero no posee tierra	0.37
Agricultor típico, pero fertiliza el maíz de primera	0.55

con el agricultor típico). Las probabilidades de adopción entre los agricultores con un perfil típico pero sin propiedad de la tierra disminuye en 42%, una clara indicación de la influencia de este factor en la decisión acerca de la adopción. Por último, las probabilidades de adopción entre los

agricultores típicos disminuyen en un 14% si también aplican fertilizantes en el maíz de primera.

Se requiere un método diferente para medir la sensibilidad de las variables cuantitativas a las modificaciones en sus valores. La importancia relativa de los factores cuantitativos en la decisión acerca de la adopción se puede ver al examinar las elasticidades de las variables, definidas como el cambio porcentual de las probabilidades que resultaría de un cambio porcentual en el valor de estas variables. Se calculan estos valores para un agricultor típico como se describió antes y también para un agricultor típico más orientado hacia el mercado. El Cuadro 49 muestra los resultados obtenidos con ambos tipos de agricultores.

En el caso de un agricultor típico, el costo de oportunidad de la tierra, medido por las variables TIERRA CULT. y ALQ l°, tiene un efecto considerable sobre la decisión acerca de la adopción. Por ejemplo, un aumento del 10% en la cantidad media de tierra de cultivo poseída incrementa las probabilidades de adopción en casi 2.45%. Del mismo modo, un aumento del 10% de la superficie alquilada durante el primer ciclo incrementa las probabilidades de adopción en 3%. En contraste, el efecto de las variables cuantitativas es mucho menor entre los agricultores orientados hacia el mercado, lo cual indica las grandes probabilidades de adopción ya encontradas entre los agricultores con ese perfil.

Cuadro 49. Elasticidades de la probabilidad de adopción del sistema de abonera por un agricultor típico, norte de Honduras.

Variable	Elasticidades de las variables (modificación porcentual de la probabilidad de adopción en relación con un aumento del 10% en la variable)	
	Agricultor típico	Agricultor típico orientado hacia el mercado
TIERRA CULT.	2.45	0.75
ALQ 1°	3.09	0.95
ALQ 2°	-1.20	-0.37
PASTIZAL	-1.27	-0.39
GINCL	3.09	0.95

La adopción y las estrategias de sustento

El análisis por el método de logits de los factores que influyen en la adopción ayuda a explicar el patrón de adopción encontrado entre los grupos identificados en el Capítulo 3 (Cuadro 50). Los datos muestran que las menores probabilidades de adopción del sistema de abonera corresponden a los agricultores de autoconsumo. Esto puede obedecer a que dependen de pequeñas parcelas de tierra alquilada para la producción del maíz. La alta tasa de adopción entre los agricultores de mediana escala puede ser resultado de que están relativamente exentos de restricciones en cuanto a la tierra y se dedican por completo a la producción comercial de maíz. Los agricultores de pequeña escala se encuentran en un punto intermedio entre los otros dos grupos; sufren restricciones en cuanto la tierra pero también tienen alguna tierra propia donde se puede establecer una abonera.

Los agricultores diversificados presentan sólo un grado medio de adopción, a pesar de estar relativamente bien dotados de recursos seguros de tierra. Esto puede obedecer a las demandas que compiten entre sí por la tierra en los integrantes de este grupo. Los agricultores diversificados se esfuerzan por convertirse en ganaderos y pueden tender a hacer hincapié en la producción de pastizales antes que en otros usos de la tierra. En consecuencia, los costos de oportunidad del sistema de abonera pueden ser más altos para este grupo. En contraste, los ganaderos establecidos pueden permitirse dedicar unas cuantas hectáreas al sistema de abonera sin que resulte muy afectada su capacidad de obtener pastizales para su ganado. En este grupo, es alta la adopción del sistema de abonera.

Cuadro 50. Adopción del sistema de abonera según el grupo de familias, norte de Honduras.

	Proporción de familias (%)					
	Ganaderos	Agricultores diversificados	Agricultores de mediana escala	Agricultores de pequeña escala	Agricultores de autoconsumo	Todos los grupos de familias
Con abonera	84.2	68.4	76.7	64.3	36.7	64.3
Sin abonera	15.8	31.6	23.3	35.7	63.3	35.7

Fuente: Encuesta de los autores, 1992.

Discusión y conclusiones

Los análisis presentados antes indican que la tenencia de la tierra, la distribución de la tierra, los usos de ésta que compiten entre sí y los precios relativos de los productos (el maíz) influyen mucho en la adopción del sistema de abonera por los agricultores. Estos resultados tienen implicaciones para los encargados de formular las políticas y los investigadores que se ocupan del desarrollo de la agricultura en laderas.

En primer lugar, parece claro que la seguridad del acceso a la tierra es una condición fundamental para invertir en tecnologías que aumentan la productividad y conservan los recursos en los entornos de laderas. No obstante, a la luz de varias características distintivas del sistema de tenencia de la tierra en el norte de Honduras hay que establecer ciertas salvedades en esta conclusión general. Como se señaló en el Capítulo 2, la propiedad individual de la tierra puede adoptar dos formas en el norte de Honduras: la propiedad mediante un título (dominio pleno) y los derechos de ocupación (dominio útil). Los títulos de propiedad son reconocidos por el estado, que otorga el derecho de usar y transferir la tierra. Los derechos de ocupación también dan derecho a usar y transferir la tierra siempre que se hayan pagado debidamente los impuestos prediales municipales anuales y que el comprador asuma la obligación de continuar pagando esos impuestos. Sin embargo, estos derechos son menos flexibles que la propiedad con título porque los bancos y otros instituciones de préstamo no reconocen los derechos de ocupación como garantía de préstamos agrícolas. Aun así, esto representa una restricción poco importante para la mayoría de los agricultores ya que, de todos modos, los créditos agrícolas son en extremo limitados en toda la región.

Los datos de la encuesta de 1990, donde se distinguía entre el dominio pleno y el dominio útil, indican que los propietarios con título y los ocupantes de tierras están igualmente dispuestos a adoptar el sistema de abonera; las tasas de adopción entre estos dos tipos de propietarios son estadísticamente iguales (Buckles et al. 1991). Este resultado indica que, si bien la tenencia de la tierra es una consideración importante en la decisión acerca de la adopción, tal vez no lo sea la forma de tenencia de la tierra. Una tradición jurídica que reconoce los derechos de los ocupantes a usar las tierras públicas parece acarrear el grado de seguridad necesario para que los agricultores inviertan en el sistema de abonera. Esta experiencia contradice el supuesto común de que los títulos oficiales son la única forma de tenencia de la tierra compatible con el horizonte de planificación a largo plazo requerido para apoyar la adopción de tecnologías con beneficios a largo plazo. Una consecuencia de esto es que las políticas que refuerzan los derechos de los ocupantes podrían ser tan eficaces como los programas de títulos oficiales para proporcionar seguridad de acceso a la tierra y facilitar el empleo de la tecnología de conservación.

En segundo lugar, la carencia de propiedad de la tierra no es una limitación absoluta para el empleo del sistema de abonera por los agricultores. Una tercera parte de los agricultores arrendatarios entrevistados señalaron que por lo menos parte de su maíz se sembraba en una abonera establecida alquilada de otra persona. Esto es posible porque los mercados de arrendamiento de tierras para aboneras se han desarrollado en toda la región en los últimos años, ya que los agricultores que poseen más tierra de la que pueden cultivar dedican parte de ellas a aboneras para alquilar o para que sean usadas por miembros de la familia. Para los propietarios de tierras, la abonera es una mejora de la tierra que puede concretarse en alquileres más altos; como se observó en el Capítulo 6, los agricultores están dispuestos a pagar un sobreprecio de 60–70% por los derechos de cultivar maíz en tierras con una abonera establecida, una clara indicación del potencial que perciben los agricultores en el campo. Por consiguiente, si bien la propiedad de la tierra es importante, el desarrollo de mercados de arrendamiento de aboneras ha facilitado el empleo de esta tecnología también por los agricultores sin tierra.

No obstante, las decisiones acerca de la adopción tomadas en esas dos circunstancias son diferentes. Para los propietarios de tierras, la decisión de adoptar el sistema de abonera es relativamente segura y perdurable; pueden esperar concretar beneficios tangibles de la inversión en un período indefinido. Por el contrario, los agricultores arrendatarios deciden si alquilarán una abonera establecida con la expectativa de que el campo será de inmediato más productivo que otras alternativas de menor costo. Su decisión está sujeta a la disponibilidad de aboneras establecidas en mercados inciertos de arrendamiento de tierras, y su empleo del sistema es en potencia discontinuo (su utilización del sistema de abonera puede interrumpirse, como se observó en el Capítulo 4).

Los mercados de arrendamiento de tierras son importantes para proporcionar acceso a las aboneras no sólo a los arrendatarios sino también a los pequeños propietarios. El análisis con el método de logits demuestra que las diferencias en la cantidad de recursos de tierra disponibles para los agricultores, ya sea mediante la propiedad o a través de los mercados de arrendamiento, modifican los costos de oportunidad del sistema de abonera y, por consiguiente, las probabilidades de adopción. Sumados, la propiedad de la tierra y los mercados de arrendamiento de tierras en el primer ciclo parecen tener un efecto significativo sobre las probabüidades de que los agricultores adopten el sistema de abonera. Una explicación de este resultado es que es más probable que adopten la tecnología los agricultores con fincas más grandes. Los agricultores con fincas más pequeñas propias probablemente la adoptarán si pueden alquilar la tierra para los cultivos de primera que son desplazados por las aboneras. En el Cuadro 51 se presentan los datos correspondientes a los grupos de propietarios; estos datos revelan altas tasas de adopción, aun entre los agricultores con muy poca tierra propia. Estos agricultores adoptan la abonera en su propia tierra y alquilan tierras para otros cultivos.

Las restricciones en cuanto a tierras que afectan la adopción del sistema de abonera por los agricultores son actualmente aminoradas por un mercado bien desarrollado de tierras a bajo costo. Sin embargo, esta situación está sujeta a los cambiantes patrones de uso de la tierra en el norte de Honduras. La producción de pastizales, estimulada por nuevos mercados para los productos lácteos, se expande con rapidez en toda la zona de laderas. Como se señaló en el Capítulo 6, la producción de leche y queso es más rentable que los cultivos anuales y entraña menos riesgos. Para los agricultores con recursos suficientes para convertirse en ganaderos, el cambio de cultivos a pastizales puede mejorar sus medios de sustento. Quienes más probablemente se encuentran en esta situación son los agricultores diversificados, cuyas variadas actividades compiten entre sí por el uso de la tierra.

Para muchas personas de las familias de las laderas, la compra de ganado propio está fuera de su alcance y sólo les queda la opción más limitada de alquilar tierras de otros agricultores para potreros o vender parte de sus tierras para financiar la adquisición de ganado. Los datos cualitativos (Humphries, en prensa; observaciones sobre el terreno de D. Buckles) indican que los ganaderos de gran escala que residen en comunidades de la costa no incluidas en este estudio adquieren las tierras más accesibles y de mejor calidad de las laderas para el pastoreo estacional de sus hatos, desplazando a los productores de pequeña escala a tierras más marginales. Esto aumenta la presión sobre los mercados de arrendamiento de tierras y reduce la disponibilidad de tierra para los cultivos de primera, con lo cual se vuelve cada vez más difícil para los agricultores de pequeña escala dedicar tierra al sistema de abonera. En las Conclusiones examinaremos esta amenaza a la estabilidad del sistema de abonera y las oportunidades de aumentar su productividad sin debilitar sus méritos ecológicos.

Cuadro 51. Adopción del sistema de abonera según el grupo de propietarios, norte de Honduras.

	Proporción de familias (%)
Tierra poseída	

	>10 ha	5–10 ha	2–5 ha	1–2 ha	Landless	Todos los grupos de propietarios
Con abonera	86.1	70.8	76.0	55.6	33.3	64.3
Sin abonera	13.9	29.2	24.0	44.4	66.7	35.7

Fuente: Encuesta de los autores, 1992.

CONCLUSIONES

Principales características del sistema de abonera

El sistema de abonera es una innovación con propósitos múltiples que responde simultáneamente a varias restricciones de la productividad. El frijol terciopelo, de rápido crecimiento, acumula nutrimentos mediante el reciclaje y la fijación de N y suprime las malezas al mismo tiempo que protege al suelo de la exposición directa a precipitaciones intensas durante la principal temporada de lluvias. Una vez que se roza el frijol terciopelo, la espesa cubierta de mantillo continúa suprimiendo las malezas durante el ciclo de cultivo del maíz y protege al suelo de la erosión. El mantillo también conserva la humedad del suelo, con lo cual se reduce mucho el riesgo de los efectos perjudiciales de la sequía durante el período relativamente seco en que se desarrolla el maíz. El sistema del frijol terciopelo proporciona estos múltiples beneficios con poco costo directo, ya que la población de frijol terciopelo se resiembra espontáneamente por sí misma.

En el sistema de abonera, siempre hay por lo menos alguna vegetación que crece activamente — ya sea frijol terciopelo, maíz o malezas — y hojarasca formada recientemente en descomposición. Los períodos de acumulación neta de biomasa y N (cuando está creciendo el frijol terciopelo) se alternan con períodos de mineralización neta (después de la roza del frijol terciopelo). En su culminación, antes de la roza, la vegetación de *Mucuna* constituye en promedio más de 10 t de biomasa aérea ha^{-1} sobre la base de la MS, y contiene en promedio más de 300 kg de N ha^{-1}, 100 kg de K ha^{-1} y 20 kg de P ha^{-1}. Las necesidades nutricionales del maíz son satisfechas por los nutrimentos generados mediante la descomposición del mantillo de frijol terciopelo, y se obtienen rendimientos medios de maíz de 2–4 t ha^{-1} (en comparación, los rendimientos en el sistema de descanso arbustivo son inferiores a 2 t ha^{-1}).

El destino del N en la biomasa de frijol terciopelo en la roza se puede describir de la siguiente manera. Un rendimiento de maíz de 4 t ha^{-1} acumula alrededor de 100 kg de N ha^{-1} en su biomasa aérea y la mayor parte del N es exportado en la cosecha del maíz. Las malezas absorben alrededor de 50 kg de N ha^{-1} antes de ser controladas y aun más después de que los agricultores dejan de combatirlas. Una fracción del N, quizás hasta 50–80 kg ha^{-1} en promedio, parece ser almacenada en la MOS recién formada cada año. La fijación biológica del N por el frijol terciopelo proporciona alrededor de 100 kg nuevos de N ha^{-1} al año. No hay datos que sugieran que las pérdidas de N por lixiviación o volatilización desempeñen una función importante en el sistema de abonera. En consecuencia, la mayor parte del N en el sistema de abonera (200 kg ha^{-1}) simplemente es reciclada por el frijol terciopelo, las malezas, el maíz y la biota de la hojarasca y el suelo; unos 100 kg son exportados mediante la cosecha del maíz.

Las tendencias a largo plazo de la fertilidad y la estructura del suelo también parecen muy favorables en el sistema de abonera. A pesar de los cultivos anuales continuos, la MOS de la parte superior del perfil del suelo aumenta o permanece estable por hasta 15 años. También se incrementan notablemente la infiltración del agua y la porosidad total. El reciclaje de nutrimentos parece ser relativamente eficiente y los nutrimentos se mantienen en niveles estables y en una forma asequible para las plantas en crecimiento. El riesgo de acidificación del suelo a causa de desequilibrios del N no parece importante; el pH del suelo permanece estable y las bases intercambiables tienden a aumentar en todo el perfil del suelo. En la abonera abundan los gusanos, insectos y hongos en la interfaz entre la hojarasca y el suelo, pero casi no existen plagas graves o agentes patógenos transmitidos por el suelo, una clara indicación de la salud del suelo. Por último, los rendimientos de maíz en los campos con frijol terciopelo antiguos son tan elevados como en los campos donde es reciente la leguminosa, o incluso más altos, y en promedio esos rendimientos duplican los obtenidos en parcelas testigos no sembradas con *Mucuna*.

El único problema agronómico digno de mención es el riesgo de invasión por gramíneas anuales agresivas. *Rottboellia cochinchinensis* suele prosperar en el sistema de abonera a menos que los agricultores inviertan en la resiembra periódica del frijol terciopelo para prevenir la aparición de espacios grandes vacíos en la población de la leguminosa.

El reciclaje activo de los nutrimentos y la elevada fertilidad del suelo en el sistema de abonera hacen posible intensificar el uso de la tierra y la mano de obra. Si bien sólo se pueden obtener tres cosechas de maíz durante un ciclo típico de seis años con descanso arbustivo, en el sistema de abonera se logra el cultivo anual continuo del maíz sin degradar la base de recursos. Los costos de mano de obra son en promedio un 17% más bajos gracias a los efectos de control de la maleza que tienen el cultivo y el mantillo de *Mucuna.*

El análisis probabilístico de las utilidades por unidades de tierra y de mano de obra revela que, en un período de seis años, el sistema de abonera tiene un 60–80% de probabilidades de producir beneficios netos superiores a los del sistema de descanso arbustivo. Aun cuando el flujo de beneficios del sistema de abonera sea sometido a un fuerte descuento (tasa de descuento del 100%), las probabilidades de utilidades netas de la

tierra y la mano de obra en el período de seis años todavía son muy altas (más del 40%).

Sin embargo, el momento de la obtención de los beneficios netos no es ideal. Los agricultores deben invertir en el sistema de abonera durante todo un año antes de concretar los primeros ahorros de mano de obra y casi dos años antes de obtener los beneficios de rendimiento. Este retraso es importante para los agricultores con un horizonte de planificación muy restringido, como los arrendatarios y los agricultores que no tienen acceso a otras tierras para el maíz de primera y otros cultivos necesarios para el autoconsumo (yuca, frijoles, etc.). Los costos directos a corto plazo (semilla y mano de obra) son menores, principalmente una inversión de una sola vez para establecer el campo de *Mucuna*.

La cosecha del maíz de postrera en el sistema de abonera incrementa la rentabilidad. Los precios del maíz son más altos en esta época a causa de la estacionalidad de la producción nacional de maíz. El momento de la cosecha también reduce el riesgo de la pudrición de la mazorca, la cual provoca grandes pérdidas en el maíz de primera. La proporción de la superficie y la producción totales de maíz en la postrera han aumentado notablemente en el norte de Honduras, un cambio en la producción estimulado por el sistema de abonera.

Extrapolación a partir del sistema de abonera en el norte de Honduras

Las condiciones agroecológicas y socioeconómicas en las que se desarrolló el sistema de abonera en el norte de Honduras son muy específicas. El conocimiento de esas condiciones puede esclarecer las restricciones y oportunidades que probablemente tendrán que afrontar los agricultores de otras regiones.

Desde el punto de vista biofísico, el sistema de abonera parece más apto para zonas donde hay una elevada precipitación anual con una distribución bimodal. El clima del norte de Honduras es muy húmedo, con más de 3 000 mm de precipitación y una temporada anual de cultivo que supera los 270 días. En estas condiciones climáticas, los agricultores pueden dedicar el primer ciclo a la producción del frijol terciopelo y el segundo ciclo a un cultivo de maíz de alto rendimiento y relativamente exento de enfermedades. Ambos ciclos tienen lluvias suficientes para apoyar el desarrollo máximo de la biomasa de los cultivos.

Las condiciones climáticas del norte de Honduras se encuentran en otras partes de Centroamérica. La zona húmeda, caracterizada por más de 270 días al año con precipitaciones que superan la evapotranspiración (Figura 24), se extiende a lo largo de la costa del Caribe en Belice, Costa Rica, Honduras, Nicaragua y Panamá y penetra en el interior de Guatemala (El Peten) (Chapman y Barreto 1994). Como se señaló anteriormente, se han producido adopciones espontáneas de sistemas de maíz y *Mucuna* muy similares al del norte de Honduras en la parte septentrional de este nicho climático y en áreas del sur de México.

Las condiciones climáticas menos favorables encontradas en otros lugares de Centroamérica no sólo restringen las rotaciones anuales, como el sistema de abonera, sino también crean fluctuaciones estacionales de la oferta y los precios del maíz. No obstante, el sobreprecio estacional del maíz está sujeto a políticas nacionales que afectan las importaciones del cereal. En los últimos años, los programas de ajuste estructural en Centroamérica han provocado presiones a la baja en los precios del maíz y, en ciertas zonas, han reducido considerablemente la estacionalidad de los precios, lo cual disminuye una de las ventajas del sistema de abonera.

La extensa zona húmeda en Centroamérica no es tradicionalmente el sitio de desarrollo agrícola o donde reside la mayor parte de la población de la región. El sistema de abonera ha prosperado más en zonas con escasa población donde los agricultores han tenido un acceso relativamente fácil a las tierras. Los agricultores del norte de Honduras pueden asignar alguna tierra al sistema de abonera y seguir produciendo otros cultivos en otras tierras. Sin embargo, el análisis muestra que el tamaño de las fincas no es una limitación absoluta para la adopción. Aun los agricultores con propiedades muy pequeñas (<2 ha) han adoptado el sistema de abonera en sus propias tierras y rentan otras para la producción de maíz de primera y otros cultivos de autoconsumo. A menudo esto se puede hacer a un bajo costo, ya que los ganaderos que tienen muchas tierras están interesados en convertir la tierra en descanso en pastizales; por medio de los mercados de arrendamiento de tierras, la tierra pasa, en forma relativamente constante, del descanso a cultivos y a pastizales, y nuevamente al descanso. Los agricultores que poseen muchas tierras se benefician con estos arreglos gracias a los bajos costos de establecer pastizales, mientras que los agricultores que poseen pocas tierras tienen acceso a tierras agrícolas, lo cual modifica las restricciones locales en cuanto a disponibilidad de tierras.

Un mercado de arrendamiento de campos con frijol terciopelo permite que hasta los agricultores sin tierra usan la tecnología del frijol terciopelo. Los agricultores con más tierras de las que pueden cultivar dedican parte de ellas a campos con *Mucuna* que arriendan o son usados por miembros de la familia. Para los propietarios, la abonera mejora la tierra y se pueden obtener rentas más elevadas; los agricultores están dispuestos a pagar un sobreprecio de 60–70% por

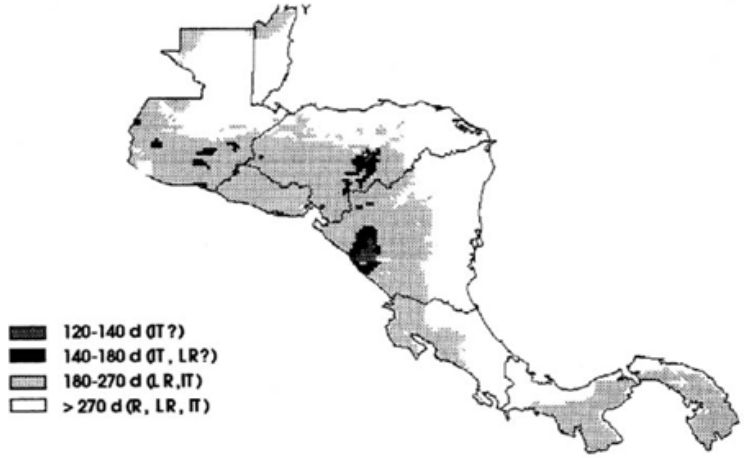

Figura 24. Temporada de desarrollo del cultivo (días con precipitación superior a la evapotranspiración) y posibilidades de las leguminosas como cultivo de cobertura, América Central. Fuente: Adaptada de Chapman y Barreto (1994). Nota: IT, intercaladas; LR, leguminosas en relevo; R, rotación.

el derecho a cultivar maíz en tierras sembradas con *Mucuna.* Por consiguiente, los mercados de arrendamiento de aboneras facilitan a los agricultores sin tierras el empleo de la tecnología del frijol terciopelo.

En síntesis, la influencia de las restricciones en cuanto a tierras sobre la adopción de sistemas con uso extenso de la tierra como el sistema de abonera, debe entenderse dentro del marco más amplio del acceso a la tierra, incluyendo las diversas formas de tenencia y los mercados de arrendamiento de la tierra. Es probable que, más que el tamaño de las fincas individuales o los arreglos de tenencia de la tierra, todo sistema que afecte el acceso a la tierra sea un factor determinante en la adopción de la tecnología del frijol terciopelo por los agricultores en otros lugares.

No está claro cuánto del éxito del sistema de abonera obedece a los efectos de ahorro de mano de obra y cuánto afectará la productividad potencial de la mano de obra la adopción en otros lugares. Las utilidades por unidad de mano de obra en el sistema de abonera son considerablemente más altas que en los sistemas de descanso arbustivo, pero en nuestro estudio las restricciones de mano de obra en sí no tuvieron ningún efecto sobre la adopción. Todos los agricultores, con o sin restricciones de mano de obra, reconocieron y valoraron las ventajas del sistema de abonera en relación con el trabajo, en especial los ahorros de trabajo en la preparación de la tierra y el control de la maleza. Los relatos de los agricultores acerca del primer empleo del sistema de abonera en el norte de Honduras también indican que esos beneficios de ahorro de trabajo inicialmente atrajeron a los agricultores a la tecnología del frijol terciopelo.

La invasión de malezas es un problema común que se origina en la intensificación de los sistemas de descanso arbustivo; *R. cochinchinensis* se propaga en el norte de Honduras y parece haber encontrado un entorno favorable en el sistema de abonera. En contraste, los datos obtenidos en Benin y Ghana indican que *Mucuna* puede controlar a *Imperata cylindrica,* una mala hierba perjudicial que afecta mucho la productividad de los cultivos en las zonas tropicales subhúmedas del oeste de Africa (Versteeg y Koudokpon 1990, 1993). La intensidad de la invasión por *Imperata* es tan grande en la región que hasta los agricultores que carecen de tierras están adoptando rotaciones con *Mucuna* para controlar esa invasión (Vissoh et al. 1997). Esta experiencia reciente indica que sistemas de cultivos de cobertura como las aboneras pueden desempeñar una función en sitios donde la productividad del trabajo es baja y está declinando.

Por último, los precios relativos de los insumos externos, en particular los fertilizantes químicos, probablemente influyan en la viabilidad del sistema de abonera en otros lugares. La posibilidad de sustituir los insumos químicos por nutrimentos producidos *in situ* por el frijol terciopelo es una ventaja bien definida. Los agricultores del sistema de abonera pueden evitar los altos costos de adquirir, transportar y aplicar fertilizantes químicos en campos de maíz situados en laderas alejadas del norte de Honduras, y mantener buenos rendimientos de maíz. Como no parece probable que en un futuro cercano haya reducciones considerables de los costos de los fertilizantes químicos en Honduras y otros lugares de Centroamérica, esta ventaja subsistirá en la mayoría de los sitios de la región donde predomina la agricultura de pequeña escala.

En contraste, los datos del sureste de Asia indican que el costo de los fertilizantes químicos, que es bajo y está disminuyendo en comparación con el precio del grano (arroz), ha deteriorado el empleo tradicional de abonos verdes y cultivos de cobertura y continúa creando barreras para la adopción de estas prácticas (IRRI 1988; Fujisaka 1993). Como se observó en el Capítulo 1, la abrupta caída de los precios de los fertilizantes en el sur de los Estados Unidos de América durante los años 40 contribuyó a la rápida declinación del empleo de la *Mucuna,* así como a los aumentos de los precios de los cultivos competidores (por ejemplo, la soya). Estas experiencias indican que las fuerzas del mercado que afectan los precios relativos de los insumos externos (fertilizantes) y los productos de los cultivos (el maíz) desempeñarán una función esencial en el incremento o la disminución de las asociaciones *Mucuna-maíz.*

Enseñanzas acerca del desarrollo de tecnologías

Se pueden derivar varias enseñanzas dé la experiencia de los agricultores en el norte de Honduras, aplicables en un ámbito más amplio al desarrollo de tecnologías agrícolas sustentables en los entornos de laderas. En primer lugar, la producción y el mantenimiento de residuos *in situ* tiene un considerable potencial para mejorar los sistemas de descanso arbustivo. Los beneficios agroeconómicos del mantillo (control de la erosión y las malezas, mejor equilibrio hídrico, provisión de nutrimentos, albergue para organismos vivos, reducción de las restricciones del suelo) no son específicos del norte de Honduras o del sistema de abonera sino que están bien documentados en otros lugares. Se han informado efectos similares de todos los tipos de mantillos generados por leguminosas anuales o perennes (Lal 1975; Okigbo y Lal 1982; Wade y Sánchez 1983; Kamara 1985; Tomar et al. 1992; Haggar y Beer 1993), mantillos de barbechos mezclados (Galindo et al. 1983; Schlather y Duxbury 1994)

y mantillos constituidos por residuos de cultivos (Larson et al. 1972; Fukuoka 1978; Alberts y Neibling 1994; Schlather y Duxbury 1994; Schomberg et al. 1994).

En segundo lugar, se pueden crear sistemas de cultivo de alto rendimiento aprovechando totalmente la ventaja de los procesos ecológicos espontáneos que se producen en un determinado entorno, en marcado contraste con tecnologías que modifican considerablemente el entorno de cultivo con insumos externos. Los agricultores esperan hasta que el frijol terciopelo muere en forma natural antes de cortarlo y se basan en la resiembra espontánea para el establecimiento de la *Mucuna*. También dependen de la descomposición del mantillo de frijol terciopelo controlada por el ambiente para satisfacer las necesidades nutricionales del maíz. En síntesis, el sistema de abonera parece imitar el funcionamiento de un ecosistema natural, excepto porque se siembra y cosecha un cultivo cada año.

En tercer lugar, el hecho de que los agricultores tengan un considerable control de la agenda tecnológica lleva al éxito de las tecnologías. Las restricciones habituales vinculadas con la necesidad de capital externo, capacitación o información compleja desaparecen en el caso de sistema de abonera, ya que éste se basa mucho en los recursos locales, las experiencias anteriores y los conocimientos empíricos de los agricultores. Los agricultores del norte de Honduras comprenden la lógica que sustenta el sistema de abonera y aprecian su propósito general y su coherencia. Un proceso de innovación tecnológica fundado en esos conocimientos tiene más probabilidades de producir tecnologías viables y adoptables.

En cuarto lugar, los agricultores están dispuestos a usar tecnologías sin beneficios inmediatos si sus costos a corto plazo son bajos y sus beneficios no muy lejanos. Los costos directos de establecer una abonera (semilla y mano de obra) son bajos y los beneficios se concretan uno o dos años después del establecimiento. Los agricultores pueden ver con facilidad que “pasa algo bueno” en sus campos, incluso a fines del primer año. Si bien diversos estudios indican que los beneficios a corto plazo son especialmente importantes para motivar a los individuos y las comunidades a adoptar una tecnología nueva (Bunch 1982,1993; Graf et al. 1991), los bajos costos directos, combinados con beneficios a mediano plazo, pueden ser condiciones suficientes. Esta observación tal vez sea útil en la investigación sobre sistemas agroforestales, muchos de los cuales tampoco ofrecen beneficios inmediatos.

Por último, las innovaciones agrícolas que responden simultáneamente a varias restricciones importantes de la productividad del sistema tienen considerables posibilidades de ser adoptadas. El sistema de abonera es una innovación con propósitos múltiples y con una amplia gama de beneficios, incluyendo la mejor fertilidad y condiciones del suelo y la reducción de las malezas y las plagas. Los efectos combinados y adicionales de estos beneficios son sustanciales, si bien los efectos sobre una restricción específica (por ejemplo, la escasa fertilidad del suelo) tal vez no sean iguales a los posibles efectos de un insumo usado con un propósito más específico (como los fertilizantes químicos). Así como los investigadores agroforestales han reconocido la necesidad de árboles para finalidades múltiples (Francis 1993), los científicos especializados en los cultivos también tendrán que prestar más atención a tecnologías con propósitos múltiples en los sistemas sustentables de cultivo. Este criterio contrasta con las tecnologías de componentes, como el complejo semilla-fertilizante-riego de la Revolución Verde (Byerlee y Hesse de Polanco 1986).

La búsqueda de sostenibilidad en los entornos en laderas

La evaluación agronómica de la sostenibilidad del sistema de abonera es muy favorable. Este sistema presenta menos riesgos de degradación de la tierra a largo plazo provocada por la erosión del suelo o la pérdida de nutrimentos que otros sistemas de cultivo en laderas. El sistema de abonera ofrece una protección completa del suelo contra los efectos erosivos de las lluvias intensas, proporcionada ya sea por el cultivo vivo de *Mucuna* o por el mantillo muerto que queda en la superficie del suelo. Aparte del problema de los derrumbes (Capítulo 4), no encontramos evidencias de erosión del suelo.

Sin embargo, no se puede juzgar la sostenibilidad del sistema de abonera simplemente por el comportamiento agronómico. Si bien el sistema es una forma eficiente de producir maíz en las laderas del norte de Honduras, las necesidades y aspiraciones de los agricultores sobrepasan su actual resultado económico. Este sistema no tiene un sesgo contra la generación de ingresos. El problema es que la producción del maíz, aun con una tecnología relativamente productiva, no puede generar ingresos importantes en efectivo cuando sólo se cultivan unas cuantas hectáreas. Los precios del maíz en Honduras son bajos como resultado de una política que compensa las carencias con importaciones y ayuda alimentaria provenientes de zonas favorecidas como la franja cerealera estadounidense. En conjunto, la producción de maíz apenas proporciona a las familias recursos superiores al mínimo necesario para sobrevivir. Cuando se les preguntó acerca de sus aspiraciones para sus hijos, la gran mayoría de los agricultores entrevistados señalaron que no querían que sus hijos continuaran siendo agricultores de maíz. No ven ningún futuro en ello.

Esta desesperante realidad se refleja en la disposición de los agricultores a convertir las tierras de los cultivos anuales en pastizales y plantaciones, cuando pueden. Como se examinó en el Capítulo 2, el rápido crecimiento de la demanda regional de leche y productos cárnicos impulsa la conversión de las tierras de cultivo en pastizales. Esto es en potencia positivo para los agricultores de las laderas ya que se pueden obtener ingresos más altos y menos arriesgados con la cría de ganado. Además, los pastizales bien manejados pueden ser un uso de la tierra ecológicamente sano en los entornos en laderas ya que proporcionan una cubierta permanente del suelo. No obstante, la capacidad de la mayoría de los agricultores de las laderas del norte de Honduras de aprovechar estas nuevas oportunidades y usar la tecnología apropiada se ve limitada por el deficiente acceso al capital, la infraestructura y la asistencia técnica. Los ganaderos establecidos y en gran escala pueden responder con más rapidez a las nuevas oportunidades del mercado y dejan a los recién llegados a la ganadería que se esfuercen por hacer la transición. Los datos cualitativos de la región indican que los ganaderos en gran escala que residen en las comunidades de las tierras bajas ya están adquiriendo los terrenos más accesibles y de mejor calidad en la zona de las laderas (Humphries, en prensa; observaciones de D. Buckles sobre el terreno). Los pastizales en las laderas les ayudan a superar las restricciones estacionales del apacentamiento en las zonas bajas (las inundaciones), con lo cual aumenta su dominio del mercado de leche y de propiedad de tierras.

Es probable que el mayor desarrollo de la ganadería en el norte de Honduras tenga repercusiones significativas en los sistemas de cultivo y las estrategias de sustento de los agricultores de las laderas. Como se observó en capítulos anteriores, las prácticas de manejo extensivo de los pastizales, comunes en las laderas, se basan en la rotación secuencial de tierra en descanso, cultivos y pastizales, un método de bajo costo compatible con los patrones de cultivo y descanso arbustivo. Cuando las operaciones ganaderas bien financiadas establezcan pastizales permanentes en las mejores tierras de las laderas, se reducirá la disponibilidad de tierra en descanso para los agricultores pobres y aumentará la intensidad de los sistemas de descanso arbustivo. Como estos sistemas ya son tan intensivos como pueden serlo dentro de los límites de la

agricultura basada en el descanso, se puede esperar una degradación de la tierra y una mayor declinación de la productividad del sistema de cultivo.

En el pasado, las prácticas de manejo extensivo de pastizales y cultivos han apoyado activos mercados de arrendamiento de tierras favorables para quienes carecen de ellas. El análisis de las estrategias de sustento agrícola efectuado en el Capítulo 3 indica que muchos agricultores se basan en el acceso a tierras subutilizadas poseídas por los ganaderos y las familias más prósperas para producir maíz y otros cultivos de subsistencia importantes para la seguridad alimentaria familiar. Las rentas más altas, después de una oferta reducida de tierra en descanso, puede amenazar ese acceso ya precario a las tierras y socavar sus estrategias de sustento.

Los efectos de la conversión y la concentración de la tierra sobre el empleo del sistema de abonera son dobles. Las aboneras pueden ser convertidas directamente en potreros por los ganaderos emprendedores o vendidas por los agricultores que buscan mejores formas de sustento. Las familias con hatos pequeños (Capítulo 7) parecen menos dispuestas que otras a usar el sistema de abonera ya que se basan más que los ganaderos en gran escala en sus propios recursos de tierra para los pastizales. Sherwood (1997, pág. 3), cuando observaba el uso de las tierras agrícolas cerca de Tela, Atlántida, en febrero de 1997, señaló que “laderas completas y gran parte de las tierras bajas del litoral antes dedicadas al cultivo de *maíz-Mucuna* ahora están destinadas a la producción de la palma africana o pastizales”. Relató la experiencia de un agricultor de las laderas que convirtió gran parte de sus tierras en potreros y las rentó a ganaderos mientras que mantenía parte de ellas en el sistema de abonera, sólo para venderlas todas unos años más tarde a una planta procesadora de palma africana. El y su familia se mudaron en busca de empleo urbano. Si bien se requieren otras investigaciones para confirmar y explicar estas observaciones, indican que las decisiones de los agricultores concernientes a las tecnologías agrícolas están estrechamente vinculadas con los objetivos de sustento, no con la sostenibilidad de un solo componente de su sistema agrícola.

La conversión de la tierra también puede afectar indirectamente el empleo del sistema de abonera. Nuestro análisis revela que la disponibilidad de tierras, ya sea en propiedad o mediante los mercados de arrendamiento, es un factor importante que influye en el empleo de la tecnología del frijol terciopelo por los agricultores. Los agricultores que poseen mucha tierra adoptan el sistema de abonera, pero también lo hacen los agricultores con poca tierra, quienes establecen parcelas de aboneras en sus propios campos y rentan tierras a otros para producir maíz de primera y otros cultivos. En estas circunstancias, la conversión de la tierra en descanso en pastizales permanentes no afecta directamente al sistema de abonera pero sí al sistema más amplio de uso de la tierra que permite a los agricultores dedicar tierras al frijol terciopelo durante el primer ciclo, cuando también se deben producir los cultivos alimentarios para autoconsumo. Con el fin de proteger la seguridad alimentaria de la familia, la mayoría de los agricultores de las laderas producen algo de maíz de primera en el sistema de descanso arbustivo, un ciclo de cultivo al que no renunciarán.

La naturaleza dinámica e interdependiente de los factores que influyen en el empleo del sistema de abonera por los agricultores destaca el delicado equilibrio que deben lograr las familias de agricultores entre los objetivos de seguridad alimentaria y el deseo de mejores formas de ganar el sustento. Algunos agricultores parecen estar abandonando el sistema de abonera porque mantenerlo limitaría la producción del maíz de primera y otros cultivos de los cuales dependen para sostenerse. Otros parecen abandonar el sistema porque ven nuevas oportunidades de mejorar su sustento cambiando, si pueden, a otros usos de la tierra. La búsqueda de prácticas agrícolas sustentables evidentemente debe reconciliar estas dos preocupaciones legítimas.

Exploración de los límites de la agricultura en laderas

Agricultores como los de la costa norte de Honduras han estado muy por delante de la comunidad científica en el desarrollo de formas durables de explotación agrícola en entornos difíciles. El sistema de abonera es un ejemplo. Sin embargo, los rápidos cambios en los sistemas agrícolas y en las economías más amplias exigen una aceleración del ritmo de innovación y adaptación. El crecimiento de las presiones sobre la base de recursos de tierras en el norte de Honduras representa un reto inmediato e importante para la agricultura en laderas y las familias que dependen de esa frágil base de recursos.

Conforme a los resultados de este estudio, las mejoras en el sistema de abonera parecen viables en varios frentes, sin causar una pérdida de los beneficios agronómicos que proporciona. Los rendimientos medios de maíz probablemente podrían ser duplicados con bastante facilidad si se incrementaran las densidades de siembra de alrededor de 30 000 plantas por ha en la cosecha a 40 000 ó 50 000 plantas por ha. Este aumento tal vez también requeriría que se usaran variedades mejoradas de maíz de menor estatura ya que, con más de 40 000 plantas por ha y con el alto grado de fertilidad proporcionado por el sistema de frijol terciopelo, las variedades criollas actuales se verían afectadas por un severo acame.

La promoción del germoplasma mejorado o los híbridos de maíz en el norte de Honduras es una cuestión controvertida. Un cambio de germoplasma implicaría una nueva dependencia de los proveedores de semilla de maíz comercial y podría provocar la erosión de la diversidad genética conservada en las variedades criollas locales. Además, los pequeños propietarios de Centroamérica en general no se han beneficiado con los avances del fitomejoramiento porque el germoplasma mejorado típicamente requiere también condiciones favorables de cultivo (disponibilidad de nutrimentos y agua) rara vez encontradas en las fincas pequeñas sin la aplicación de fertilizantes químicos, el control químico de las plagas y, en ciertos casos, también el riego.

Sin embargo, en el sistema de abonera en el norte de Honduras estas restricciones son en parte superadas ya que se dispone de nutrimentos minerales y agua y la presión de las enfermedades en el cultivo de maíz es mínima durante la postrera. Los datos de diversas fuentes también indican que el fitomejoramiento basado en los agricultores, la selección de la semilla y su distribución podrían contribuir mucho a intensificar el empleo de la diversidad genética en beneficio de las poblaciones locales (Sperling y Loevinsohn 1995; Witcombe et al. 1996).

La productividad general del sistema de abonera también se podría incrementar si los agricultores hicieran un uso económico directo del cultivo de frijol terciopelo. Como se señaló en el Capítulo 1, la leguminosa fue cultivada en forma extensa en el sur de los Estados Unidos, inicialmente como un cultivo forrajero para el ganado y, más tarde, por la semilla, que era cosechada y transformada en alimento para los animales. Los dueños de las plantaciones también apacentaban las muías en los campos de frijol terciopelo en Guatemala. Los agricultores del norte de Honduras han observado que el ganado pasta en los campos de frijol terciopelo, pero esto siempre ha sido considerado un problema que

hay que evitar porque interfiere con el restablecimiento del cultivo de frijol terciopelo. No obstante, con la creciente demanda de forraje, se podría investigar el empleo de la *Mucuna* como forraje. Esa investigación también tendría que examinar los posibles efectos negativos del apacentamiento sobre el sistema de abonera y la cubierta y el apisonamiento del suelo.

La recolección y la transformación de la semilla de *Mucuna* en alimento para los animales puede ofrecer grandes posibilidades de aumentar los ingresos agrícolas con el menor riesgo de socavar los beneficios económicos del sistema de abonera. Como se señaló en el Capítulo 1, la semilla de *Mucuna* ha sido integrada con éxito en la alimentación de los animales en combinación con el maíz, especialmente para el ganado bovino. La experiencia con los cerdos fue menos favorable en los Estados Unidos y los resultados de las investigaciones recientes sobre el uso de alimentos con *Mucuna* para los cerdos han sido diversos (Flores et al. 1997). Se requiere más información para evaluar las características fitoquímicas y toxicológicas y el potencial de procesamiento de la *Mucuna* a causa de los varios compuestos tóxicos presentes en la semilla (Awang et al. 1997). Esa investigación también esclarecería el potencial de la semilla de *Mucuna* para el consumo humano.

El aporte más importante del sistema de abonera a la agricultura sustenta-ble en el norte de Honduras tal vez sea contribuir a la seguridad alimentaria de las familias y comunidades de agricultores de las laderas. El maíz, una fuente de gran calidad de calorías, es el ingrediente clave en la alimentación rural. Nuestro análisis muestra que el sistema de abonera puede producir, en una superficie pequeña y con relativamente pocos riesgos, maíz más que suficiente para satisfacer las necesidades de consumo de una familia típica. Sin embargo, todavía se requiere mejorar la tecnología de almacenamiento del maíz para evitar las pérdidas posteriores a la cosecha y asegurar una provisión adecuada del cereal durante todo el año.

Orientada a la seguridad alimentaria en lugar de a los mercados de maíz, la producción de maíz de postrera con el sistema de abonera podría eliminar por completo la necesidad de maíz de primera. Esto liberaría tierras en descanso para otros propósitos, incluyendo los cultivos alimentarios o los comerciales. En la actualidad, la más destacada de estas alternativas es la producción de leche o de productos lácteos con valor agregado, como el queso. Sin embargo, las laderas del norte de Honduras también son aptas para el cultivo de árboles perennes como el achiote, el cacao, el café y una amplia gama de frutas tropicales con demanda en los centros urbanos cercanos y en otros lugares. La región contaba en una época con una industria maderera y podría nuevamente abastecer mercados especiales con maderas tropicales de alto valor (véase PDBL 1991). Estas actividades podrían contribuir a generar ingresos con más eficiencia que el sistema más productivo e intensivo de cultivo del maíz.

Aumentar los ingresos y la rentabilidad de los sistema de producción de pequeña escala mediante la diversificación de los cultivos comerciales ha sido un elemento esencial de numerosos proyectos de desarrollo en toda Centroamérica, que tuvieron resultados diversos (Tucker 1992; Stonich 1993). Las enseñanzas aprendidas de estas experiencias indican que la producción de cultivos comerciales entraña un riesgo considerable a causa de los elevados costos iniciales, las considerables fluctuaciones de los precios de los productos y los costos relativamente altos y estables de los insumos. Los cultivos especiales también son en extremo vulnerables a una rápida saturación del mercado como consecuencia de que cada vez más agricultores cambian a los cultivos más rentables. Además, los pequeños propietarios en los entornos frágiles generalmente no tienen tecnologías de producción sustentable para usar en esos cultivos, lo cual incrementa el riesgo de la degradación ambiental. Por consiguiente, si bien las estrategias de diversificación merecen atención, los costos sociales creados por la intensificación indiscriminada podrían ser muy superiores a las ganancias obtenidas con niveles más altos de producción agrícola.

Nuestro análisis del sistema de abonera revela que el desarrollo de sistemas de cultivo sustentables en los entornos en laderas no pueden basarse en sus méritos agronómicos ni tampoco en su productividad. La agricultura en el norte de Honduras es en extremo dinámica como resultado de los procesos de concentración de la tierra, los cambiantes usos de la tierra, la declinación de los mercados de maíz y la emigración. Las instrucciones y políticas que determinan el acceso o los derechos a los recursos favorecen la ganadería de gran escala y la operación de las plantaciones en la llanura del litoral y, cada vez más, también en las laderas. Hay muy pocos recursos públicos o privados disponibles para el apoyo técnico y financiero a los productores en pequeña escala. Estos factores configuran las percepciones de los pequeños propietarios acerca de las opciones para ganar el sustento y restringen su capacidad de invertir en tecnologías que conservan los recursos.

Cuando se lo examina en forma rigurosa, el concepto de sostenibilidad se relaciona más con una actitud hacia problemas de la economía y el medio ambiente que con un verdadero conjunto de prácticas o un marco analítico. El análisis de los problemas y el encadenamiento de la causalidad está bastante incompleto. Sin embargo, las actitudes prescriptivas proporcionan poca orientación para las decisiones estratégicas que deben tomar los gobiernos, los agricultores, los investigadores y los agentes del desarrollo para manejar la tierra con responsabilidad. Las soluciones al dilema de la agricultura en laderas en el norte de Honduras tendrán que abordar, de una forma u otra, algunos interrogantes fundamentales: ¿Por qué, en primer lugar, han emigrado los agricultores a zonas frágiles? ¿Quién diseña las políticas de desarrollo regional y quién se beneficia con ellas? ¿Qué políticas sociales e inversiones se requieren para alcanzar las metas del desarrollo sustentable? Sin los esfuerzos concertados del gobierno y la sociedad civil de Honduras para modificar los patrones actuales de desarrollo, parece incierto que continúe el uso difundido del sistema de abonera.

Este espacio en blanco intencionalmente dejado de la página

APÉNDICE I

MÉTODOS DE LA ENCUESTA EN FINCAS

Con pocas excepciones, señaladas en el texto, los datos de la encuesta en fincas presentados en este libro se obtuvieron mediante una encuesta entre familias de los municipios de Tela y Jutiapa, departamento de Atlántida, efectuada en 1992. De una lista de todas las comunidades de las laderas en esos dos municipios, elaborada en consulta con la Secretaría de Recursos Naturales, se seleccionaron 16 al azar, con una probabilidad de elección proporcional a la población de la comunidad. El censo sanitario a nivel de las aldeas realizado en 1988 proporcionó los nombres de los jefes de las familias y los datos sobre el tamaño de éstas en cada una de estas aldeas; se seleccionaron entonces 130 familias en forma aleatoria para incluirlas en la encuesta. Un requisito adicional para que se seleccionara a una familia fue que sus miembros tenían que haber sembrado maíz durante el ciclo de invierno de 1992 o el ciclo anterior de verano. Este requisito concordaba con el objetivo de la encuesta, las prácticas de producción de maíz, pero también puede haber sido la causa de un sesgo contra la selección de familias dedicadas principalmente a actividades no agrícolas. Con esta excepción, la muestra, reducida más tarde a 126 familias con datos completos, puede ser considerada como un reflejo razonable de las familias de las laderas del norte de Honduras. Las 16 comunidades fueron Piedras Amarillas, La Danta, Los Olanchitos, Aguacate Línea, El Cantor, El Naranjo, Descombros, Las Delicias, El Paraíso, Pueblo Nuevo y Santa Fe, en el Municipio de Utiapa; y San Francisco de Saco, Planes de Hicaque, Las Metalias, Los Laureles y El Zapote, en el municipio de Tela. Una encuesta entre 133 agricultores, efectuada en 1990 y también comunicada aquí, siguió un procedimiento de muestreo similar. Las 25 aldeas incluidas en esa encuesta se seleccionaron al azar, con una probabilidad de selección proporcional a la población de la aldea, a partir de una lista de aldeas de las laderas de los ocho municipios del departamento de Atlántida.

Se ensayó y se revisó el cuestionario de la encuesta; se adiestró a los entrevistadores en un taller que duró tres días; cada cuestionario fue revisado por los coordinadores de la encuesta al final de cada día. La encuesta fue completada en tres semanas, codificada y posteriormente entrada en una hoja de cálculos para el análisis. Se verificaron los datos para detectar incongruencias hasta que se consideró que era satisfactoria la calidad de la información. Se elaboró un informe inicial a partir de los datos (Buckles et al. 1992).

APPÉNDICE II
MEDIOS VISUALES

Se usaron las Figuras 25A-E para examinar con los agricultores las ventajas del sistema de abonera y las Figuras 25F-H para examinar las desventajas.

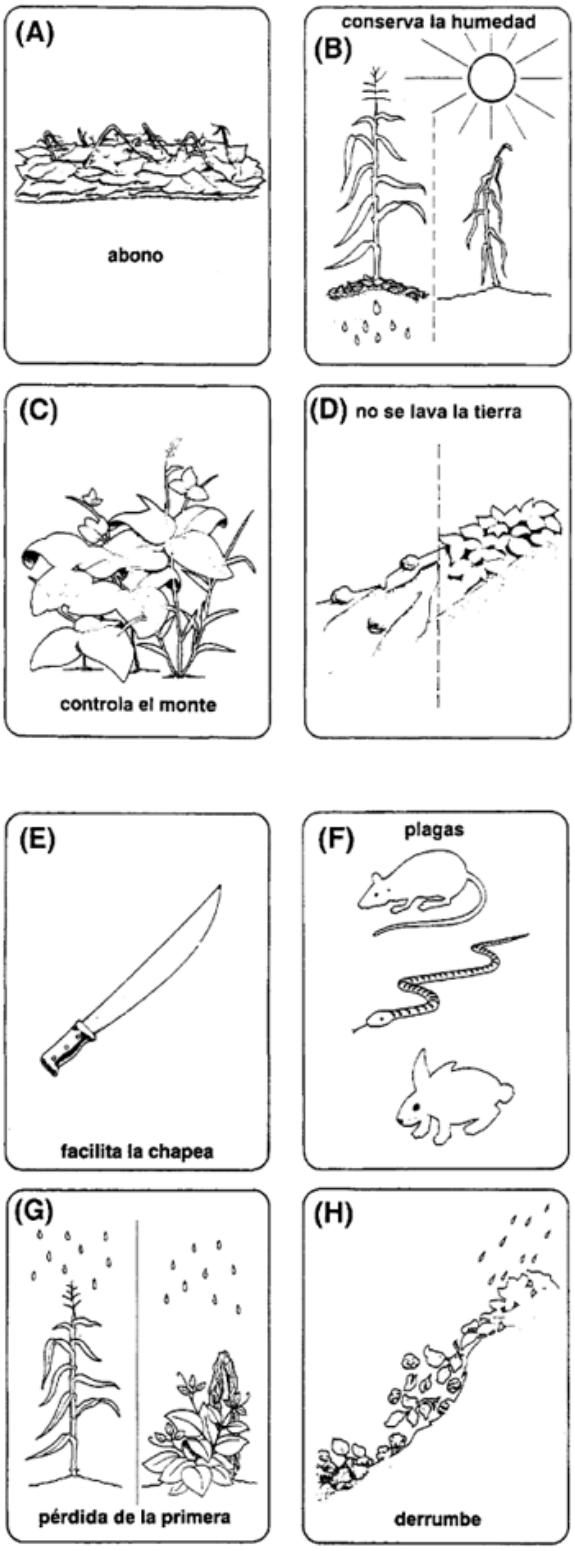

Figura 25. Estas ilustraciones transmiten los siguientes mensajes: (A) fertiliza; (B) conserva la humedad del suelo; (C) controla las malezas; (D) impide la erosión (E) se corta con facilidad; (F) alberga serpientes y roedores; (G) implica la pérdida del maíz de primera; (H) provoca el riesgo de derrumbes.

APÉNDICE III

MATERIALES Y MÉTODOS USADOS PARA RECOLECTAR LOS DATOS AGRONÓMICOS

El método de cronosecuencias

Selección de los campos

Se construyeron cronosecuencias independientes para cada una de las cuatro aldeas (San Francisco de Saco, Río Cuero, Las Mangas y Piedras Amarillas). Con el fin de reducir al mínimo la variabilidad no relacionada con la historia del campo, se puso cuidado en seleccionar campos vecinos siempre que fuera posible, con el objetivo de que coincidieran sus antecedentes y propiedades geomorfológicos. Además, en cada aldea se seleccionaron sólo campos situados dentro de un estrato de altitudes estrecho (generalmente menos de 200 m de diferencia entre los campos más bajos y los más altos). Por otra parte, se decidió no trabajar en la escala de campos completos (Milleville 1972; Moormann y Kang 1978) y concentrarse en cambio en pequeñas parcelas uniformes de observación (10 m x 10 m) seleccionadas en posiciones topográficas de pendientes dorsales lineales, con lo cual se evitó la variabilidad asociada con la posición topográfica y la típica heterogeneidad de un mismo campo inducida por el manejo del agricultor (Hall y Olson 1991; Milleville 1972, 1976). A pesar de esto, se examinó la representa-tividad de las propiedades químicas de las posiciones en pendiente dorsales comparándolas con las medidas en una serie de posiciones en pie de cuesta y en estribaciones de cuatro campos, lo cual no reveló ninguna diferencia sistemática en ninguna posición. En la medida de lo posible, se mantuvieron las pendientes dentro del rango de inclinación de 25–70%, que representa las condiciones más típicas en las que los agricultores cultivan maíz en las laderas.

El rango de edades de las parcelas y campos investigados por cada cronosecuencia dependió de la aldea en particular: sólo en un sitio (San Francisco de Saco) la cronosecuencia incluyó campos de hasta 15 años. A la inversa, en otro sitio (Río Cuero), el campo más antiguo no había estado más de siete años en la rotación con *Mucuna.*

Reconstitución de la historia de los campos

El establecimiento de las fechas correspondientes a los campos individuales incorporados en la cronosecuencia fue facilitado por el hecho de que el sistema de abonera había sido adoptado bastante recientemente por los agricultores del norte de Honduras (véase el Capítulo 1). En consecuencia, si bien no se habían conservado registros escritos de la adopción del sistema por los agricultores, fue posible usar el relato de éstos acerca del momento en que habían introducido la rotación con *Mucuna* en sus campos. A pesar de las limitaciones de la historia oral, ésta ha sido reconocida como un método válido para investigar acontecimientos contemporáneos, especialmente cuando son escasos los datos por escrito (Dunaway y Baum 1984).

Se seleccionaron cuatro aldeas con por lo menos cinco años de empleo del sistema de abonera, situadas a lo largo de una línea transversal que iba de este a oeste, que representaban una amplia gama de condiciones agroecológicas y socioeconómicas típicas de la región del litoral atlántico. En cada una de las aldeas, se realizaron entrevistas individuales a los agricultores cuyos campos se incluían en el rango de fechas de adopción detectadas durante la entrevista colectiva. En cada aldea se incluyeron campos testigos (sin adopción del sistema de abonera pero sembrados con un cultivo de maíz en el ciclo de invierno en una rotación maíz-descanso) con el fin de contar con una base para las comparaciones con los campos de *Mucuna.* Se reconstituyó la historia de cultivo, comenzando con la rotación con descanso antes de la adopción del sistema de abonera y retrocediendo hasta el último período significativo de descanso antes de la adopción, siempre que fuera posible. Se examinó cuidadosamente la historia de cultivo para detectar hechos descalificadores que amenazaran la validez de los supuestos enumerados previamente (son ejemplos de esos hechos la quema del campo, el abandono transitorio de la rotación, la invasión por el ganado). Además, se tuvo particular cuidado en detectar la heterogeneidad dentro del mismo campo en la historia, que condujo al muestreo independiente de varias parcelas dentro de un mismo campo siempre que fuera apropiado. Al final del estudio de los campos durante dos años, se efectuó una segunda encuesta histórica, colectiva e individual, en la mayoría de los campos de las cuatro aldeas con el fin de verificar los resultados de las encuestas iniciales y cubrir las lagunas de información acerca de diversos aspectos del sistema de abonera, incluidos los cambios en el manejo que pudieran haberse producido al aumentar el tiempo pasado en la rotación.

Encuestas agronómicas

Se realizaron encuestas agronómicas concentradas en el ciclo del maíz durante dos años consecutivos (año 1, invierno de 1992–1993; año 2, invierno de 1993–1994) en las cuatro aldeas para documentar las principales características del sistema de cultivo *Mucuna-maíz* con respecto a las prácticas de los agricultores, los niveles de rendimiento del maíz y las relaciones entre los rendimientos y las propiedades químicas del suelo.

En tres de las aldeas, se seleccionaron 10–20 campos de los agricultores; en San Francisco de Saco, se seleccionaron 35. Esos campos no fueron escogidos al azar ya que el principal criterio de selección fue el tiempo pasado en la rotación *Mucuna-maíz* (véase lo anterior). En lugar de los campos, dos parcelas de observación pequeñas (10 m × 10 m), sistemáticamente situadas en posiciones en pendientes dorsales lineales dentro de cada campo, constituyeron las unidades básicas de observación sobre las cuales se efectuó todo el análisis de los datos, a menos que se indique algo diferente.

El protocolo de recolección de datos, común para las cuatro aldeas, incluyó datos sobre las prácticas de los agricultores, la biomasa de *Mucuna* (en el año 2 únicamente para todos los sitios excepto San Francisco de Saco), el rendimiento y los componentes de éste y las propiedades

químicas del suelo. Las prácticas de los agricultores (fechas de las principales operaciones, cantidades y tipos de los insumos usados y clasificación del éxito de la operación) se determinaron a nivel de los campos entrevistando a sus propietarios. Además, al final del segundo año se realizó una encuesta de recapitulación de los antecedentes de cultivo de los campos y las experiencias y las razones de los agricultores con respecto al empleo y el manejo de la rotación *Mucuna-maiz.* Para este propósito, se efectuaron entrevistas individuales y colectivas usando una combinación de preguntas cerradas y abiertas.

Evaluación de la acumulación de biomasa de *Mucuna*

En cada aldea, se determinó la biomasa aérea total cosechando de dos a cuatro cuadrantes (de 2.25 m^2 cada uno) por parcela de observación justo antes de la roza (en diciembre de cada año). La biomasa total fue separada en varias fracciones, fácilmente reconocibles a simple vista: la *Mucuna* verde, el material de malezas vivas y la hojarasca (que incluía toda la materia orgánica muerta, cualquiera que fuera su estado de descomposición). En los meses de diciembre de 1993 y 1994, se establecieron otras subcategorías para las vainas y los tallos, respectivamente. Hay que señalar que los fácilmente identificables trozos de cañas de maíz (del ciclo anterior de maíz) fueron sistemáticamente excluidos del proceso de muestreo debido a un supuesto inicial (injustificado) de que sólo las formaciones nuevas de hojarasca durante el ciclo de la *Mucuna* eran importantes para comprender los procesos de reciclaje: esta falla metodológica probablemente produce una subestimación media de la biomasa aérea de alrededor de 0.5–1 t de materia seca ha^{-1}. Esta omisión es más bien insignificante en términos del N (aproximadamente 1% o menos del N total).

Además, se realizó una evaluación periódica de la acumulación y descomposición de la biomasa de *Mucuna* en San Francisco de Saco desde octubre de 1993 a mayo de 1994, en una cantidad pequeña de parcelas.

Observación de la dinámica del nitrógeno inorgánico durante el ciclo del maíz

Se realizó la observación periódica del N inorgánico en el perfil del suelo en la mayoría de las parcelas testigos (sin aplicación de fertilizantes) de los ensayos con fertilizantes en San francisco de Saco únicamente. En 1992–1993, se inició el muestreo en diciembre y se lo concluyó en abril (siete fechas de muestreo en total), mientras que en 1993–1994, fue iniciado en octubre y terminado en junio, con un total de 11 fechas de muestreo. Se tomaron muestras a tres profundidades: 0–10 cm (0–15 cm en 1992–1993), 10–30 cm (15–30 cm en 1992–1993) y 30–60 cm y se las extrajo con *2M* Kcl. Se efectuaron análisis colorimétricos de los estratos para determinar el $N0_3$ y el NH_4 en la Universidad de Cornell después del experimento.

Ensayos con fertilizantes en fincas

Se establecieron ensayos en fincas sencillos y con repeticiones para estudiar el efecto sobre el rendimiento provocado por una sola dosis moderada de urea-N (50 kg ha^{-1}) aplicada 40 días después de la siembra en campos de *Mucuna* bien establecidos, en comparación con el rendimiento obtenido únicamente sobre la base de los nutrimentos proporcionados por la hojarasca de *Mucuna* en descomposición. Se realizaron los ensayos durante dos ciclos consecutivos incluyendo un total de 14 campos, 11 de los cuales estaban agrupados muy cerca unos de otros en un sitio (San Francisco de Saco); los otros tres estaban en otro sitio, a más de 160 km al este del primero (Las Mangas, 1993–1994 únicamente). Las pérdidas de datos a causa del intenso daño eólico fueron importantes en el primer año. En 1993–1994, se excluyó un campo del análisis debido a graves deficiencias en el establecimiento de las plantas. Las disparidades entre las densidades de siembra de los campos restantes (como resultado de la participación de los agricultores en la siembra del ensayo o, como en Las Mangas, por las pérdidas provocadas por *Phyllophaga* spp.) hicieron necesario usar la densidad de siembra como una covariable en el análisis de la varianza (Neter et al. 1985). Además, los datos faltantes (1992–1993) y ligeros desequilibrios en el diseño (1993–1994) hicieron necesario usar sumas de cuadrados del tipo III en el sistema SAS (Littel et al. 1991).

Mediciones de la fertilidad del suelo

Propiedades químicas y materia orgánica del suelo

Se tomaron muestras compuestas (12–15 submuestras) en todas las parcelas de observación en cada uno de los cuatro sitios a tres profundidades: 0–10, 10–30 y 30–60 cm. En el Laboratorio de Análisis de Nutrimentos de Cornell, se analizaron todas estas muestras para determinar el Ph, el P, el Al, las bases intercambiables y los micronutrimentos y los ácidos intercambiables. Además, todas las muestras de 0 a 10 cm de 1993 o 1994 y un subconjunto de las muestras de 10 a 30 cm fueron analizados para determinar el C orgánico, el N total y los isótopos (^{13}C, ^{15}N) con un analizador de C–N Europa Scientific Corporation Roboprep™ acoplado a un espectrómetro de masa Tracermass™ (Europa Scientific, Crewe, Cheshire, Reino Unido). También se determinó la distribución del C orgánico (Walkey y Black) en el perfil del suelo usando muestras compuestas de 36 parcelas de observación (17 campos), recogidas en San Francisco de Saco cada 2.5 cm hasta los 15 cm de profundidad.

Propiedades físicas

Se midió la infiltración en siete campos, abarcando toda la cronosecuencia en San Francisco de Saco, usando simuladores-infiltrómetros portátiles de la precipitación calibrados para suministrar una precipitación constante de 100 mm h^{-1} en una superficie de 25 cm × 25 cm (Ogden et al. 1997). Se seleccionaron ocho posiciones en cada campo (cuatro pendientes dorsales, cuatro estribaciones); en cada posición, se midió la infiltración de manera apareada, con y sin mantillo.

Se determinó la macroporosidad en los mismos campos y posiciones usando una metodología de mesa de arena (Ball y Hunter 1988; Topp et al. 1993). Las muestras de sondaje no alteradas usadas para este estudio (6.7 cm de diámetro × 7.5 cm de altura) fueron tomadas a dos profundidades: 1–8.5 y 11–18.5 cm, usando un muestreador de sondaje impulsado por un martillo. Se determinó la densidad aparente en las mismas muestras secándolas en un horno durante 48 horas a 110°C (Blake y Hartge 1986).

Este espacio en blanco intencionalmente dejado de la página

APÉNDICE IV
ESPECIFICACIONES DEL MODELO Y PRESUPUESTOS DE LOS CULTIVOS PARA EL ANÁLISIS PROBABILÍSTICO DE COSTOS Y BENEFICIOS

La tecnología de producción del maíz

Como se señaló en el Capítulo 3, la tecnología de producción de maíz en el norte de Honduras es relativamente uniforme. Con las pocas excepciones indicadas a continuación, no hay diferencias importantes entre la tecnología usada en el sistema de descanso arbustivo y la usada en el sistema de abonera. También son mínimas las diferencias estacionales en la tecnología de producción del maíz (Buckles et al. 1992).

La tecnología de producción del maíz especificada para el modelo de simulación está descrita en el Capítulo 2 y sintetizada en el Cuadro 52. Con el fin de evitar exagerar los costos en el sistema de descanso arbustivo, calculamos presupuestos anuales (Cuadro 53) en la simulación sin fertilización, a pesar de que

Cuadro 52. Tecnología de producción de maíz en las temporadas de cultivo primera y postrera, norte de Honduras, 1992.

	Temporada de cultivo[a]	
	Primera	Postrera
Preparación de la tierra	Roza y quema (69)	Roza (94)
Tipo de semilla	Local (72)	Local (65)
Densidad de siembra (número de semillas ha^{-1})	41 000	44 000
Control de la maleza (número de operaciones)	2(60)	2(70)
Aplicación de fertilizantes	No (71)	No (56)
Doblado del maíz antes de la cosecha	Sí	No
Cosecha	Manual (100)	Manual (100)

Fuente: Buckles et al. (1992).
[a] Los valores entre paréntesis corresponden al porcentaje de agricultores entrevistados.

Cuadro 53. Presupuestos de los cultivos: presupuestos anuales para el cultivo del maíz con el sistema de abonera y con el de descanso arbustivo, usando valores medios de la variables aleatorias (el rendimiento de maíz y los precios de los insumos y productos).

	Costos y beneficios según el sistema (US$ ha^{-1})	
	Abonera	Descanso arbustivo
1° año (implantación)		

Temporada primera		
Preparación de la tierra		
1. Cortar y quemar	37.20	37.20
Siembra del maíz		
2. Semilla	1.81	1.81
3. Mano de obra	9.30	9.30
Control de la maleza		
4.1° desyerba manual	23.25	23.25
5. Gramoxone™ (2° control químico)	7.12	7.12
6. Mano de obra para aplicar el herbicida	4.65	4.65
Costos totales (excluyendo la tierra y la mano de obra)	87.50	87.50
Costo de capital	4.17	4.17
Costos totales (excluyendo la tierra)	86.04	86.04
Rendimiento de maíz	1 394.00	1 394.00
Precio de campo del maíz	0.08	0.08
Beneficios brutos	117.10	117.10
Beneficios netos, temporada primera	29.60	29.60
Temporada postrera		
Preparación de la tierra		
1. Cortar	22.32	22.32
Siembra del maíz		
2. Semilla	1.52	1.52
3. Mano de obra	9.30	9.30
Control de la maleza		
4. 1° desyerba manual	20.46	20.46
5. Gramoxone™ (2° control químico)	7.12	7.12
6. Mano de obra para aplicar el herbicida	4.65	4.65
Sembrar *Mucuna*		
7. Semilla *de Mucuna*	3.31	—
8. Mano de obra para sembrar *Mucuna*	9.11	—
Costos totales (excluyendo la tierra y la mano de obra)	77.98	65.37
Costo de capital	3.90	3.27
Costos totales (excluyendo la tierra)	81.88	68.64
Rendimiento de maíz	1 413.00	1 413.00
Precio de campo del maíz	0.11	0.11
Beneficios brutos	150.13	158.96
Beneficios netos, temporada postrera	68.25	90.32
Beneficios netos totales, 1° año	97.85	119.92

2° año

Temporada primera		
Preparación de la tierra		
1. Cortar y quemar	—	22.32
Siembra del maíz		
2. Semilla	—	1.81
3. Mano de obra	—	9.30
Control de la maleza		
4. 1° desyerba manual	—	23.25
5. Gramoxone™ (2° control químico)	—	7.12
6. Mano de obra para aplicar el herbicida	—	4.65
Costos totales (excluyendo la tierra y la mano de obra)	0.00	68.45

Costo de capital	0.00	3.42
Costos totales (excluyendo la tierra)	0.00	71.87
Rendimiento de maíz	—	1 394.00
Precio de campo del maíz	—	0.08
Beneficios brutos	0.00	117.10
Beneficios netos, temporada primera	0.00	45.22
Temporada postrera		
Preparación de la tierra		
1. Cortar	18.60	22.32
Siembra del maíz		
2. Semilla	1.52	1.52
3. Mano de obra	9.30	9.30
Control de la maleza		
4. 1s desyerba manual	16.74	20.46
5. Gramoxone™ (2° control químico)	7.12	7.12
6. Mano de obra para aplicar el herbicida	4.65	4.65
Costos totales (excluyendo la tierra y la mano de obra)	57.93	65.37
Costo de capital	2.90	3.27
Costos totales (excluyendo la tierra)	60.83	68.64
Rendimiento de maíz	1 413.00	1 413.00
Precio de campo del maíz	0.11	0.11
Beneficios brutos	150.13	158.96
Beneficios netos, temporada postrera	89.30	90.32
Beneficios netos totales, 2° año	89.30	135.54
3° a 5° años		
Temporada postrera		
Preparación de la tierra		
1. Cortar	18.60	—
Siembra del maíz		
2. Semilla	1.52	—
3. Mano de obra	9.30	—
Control de la maleza		
4.1a desyerba manual	16.74	—
5. Gramoxone™ (2° control químico)	7.12	—
6. Mano de obra para aplicar el herbicida	4.65	—
Costos totales (excluyendo la tierra y la mano de obra)	57.93	—
Costo de capital	2.90	—
Costos totales (excluyendo la tierra)	60.83	—
Rendimiento de maíz	2 387.00	—
Precio de campo del maíz	0.11	—
Beneficios brutos	253.62	—
Beneficios netos, temporada postrera	192.79	0.00
Beneficios netos anuales	192.79	0.00
6a año		
Temporada postrera		
Preparación de la tierra		
1. Cortar	18.60	—
Siembra del maíz		
2. Semilla	1.52	—
3. Mano de obra	9.30	—

Control de la maleza		
4.1a desyerba manual	16.74	—
5. Gramoxone™ (22 control químico)	7.12	—
6. Mano de obra para aplicar el herbicida	4.65	—
Sembrar *Mucuna*	—	100.44
Costos totales (excluyendo la tierra y la mano de obra)	57.93	100.44
Costo de capital	2.90	5.02
Costos totales (excluyendo la tierra)	60.83	105.46
Rendimiento de maíz	2 387.00	—
Precio de campo del maíz	0.11	—
Rendimiento de ieña	—	200.00
Precio de la lena	—	1.22
Beneficios brutos	253.62	243.33
Beneficios netos, temporada postrera	192.79	137.87
Beneficios netos anuales	192.79	137.87

Nota: US$, dólares estadounidenses.

Cuadro 54. Coeficientes técnicos para el maíz con distintos sistemas y temporadas de cultivo, norte de Honduras.

	Unidad ha^{-1}
Mano de obra para la roza, guamil (días-persona)	20.0
Mano de obra para la roza, guatal (días-persona)	15.0
Mano de obra para la roza, temporada primera (días-persona)	12.0
Mano de obra para la roza, abonera (días-persona)	10.0
Semilla de maíz (kg)	14.5
Mano de obra para la siembra del maíz (días-persona)	5.0
Semilla de *Mucuna* (kg)	14.0
Mano de obra para la siembra de Muncuna (días-persona)	5.0
Gramoxone™ para el control químico (L)	2.0
Mano de obra para aplicar Gramoxone™ (días-persona)	2.5
Mano de obra para la desyerba manual, abonera (días-persona)	9.0

Nota: El *guatal* es un campo que se deja sin cultivar para la regeneración natural durante un período de tres o menos años. El *guamil* es un campo que se deja sin cultivar para la regeneración natural por un período de unos cinco o más años. L, lempiras.

la encuesta en fincas había revelado que una gran proporción de agricultores aplican fertilizante nitrogenado al maíz de postrera en el sistema de descanso arbustivo. Esto concuerda con el procedimiento habitual en el análisis de costos y beneficios de juzgar la práctica actual (en nuestro caso, el descanso arbustivo) en las mejores condiciones posibles. Los costos asociados con el manejo del cultivo de frijol terciopelo después del primer año son insignificantes y, por consiguiente, fueron ignorados en la simulación. En el Cuadro 54 se presentan los coeficientes técnicos usados en la simulación.

El rendimiento de maíz

El rendimiento de maíz en el norte de Honduras es imprevisible a causa de la variabilidad de las precipitaciones de un ciclo a otro y de un año a otro. En consecuencia, el rendimiento es el principal origen de la incertidumbre acerca de los ingresos afrontada por los agricultores de maíz, una consideración importante en el análisis de prácticas alternativas de cultivo. En el Capítulo 5, se examinaron en detalle los efectos del sistema de abonera sobre el rendimiento de maíz, en comparación con el sistema de descanso arbustivo, destacando los rendimientos superiores a los medios y la reducción de la variabilidad del rendimiento. Este efecto surge principalmente del control del estrés provocado por la sequía en el maíz, control posible gracias a la contribución del mantillo de frijol terciopelo a la conservación de la humedad del suelo.

Para determinar la variabilidad del rendimiento de maíz, estimamos la función de la distribución acumulativa (FDA) del rendimiento de maíz. El Cuadro 55 muestra los estadísticos descriptivos correspondientes a los rendimientos del maíz de primera y de postrera comunicados por los agricultores para el año agrícola de 1991–1992. Estos datos, basados en la encuesta en fincas, son la fuente más completa y amplia de información sobre el rendimiento disponible en la región.

La comparación de los datos del rendimiento de la encuesta en fincas con otras mediciones del rendimiento efectuadas en la región señala que los rendimientos medios estimados a partir de la encuesta de 1992 pueden ser considerablemente inferiores a los normales. El Cuadro 56 muestra que los valores del rendimiento medio de maíz en otras cuatro fuentes fueron uniformemente superiores a los encontrados en la encuesta

en fincas. Por ejemplo, el rendimiento medio del maíz de postrera producido en el sistema de abonera estimado por las otras cuatro fuentes fue de 2 645 kg ha^{-1}, valor muy superior al de la encuesta en fincas. Esta diferencia puede ser consecuencia de que los agricultores informaron rendimientos inferiores (una limitación común en las encuestas en fincas), de la sequía que afectó la región en 1991, o de ambas cosas.

Cuadro 55. Estadísticos principales de la distribución del rendimiento de maíz en distintas temporadas, norte de Honduras, 1991–1992.

	Rendimiento de maíz en distintas temporadas (kg ha^{-1})		
		Postrera	
	Primera	Sin abonera	Con abonera
Promedio	851.00	1007.00	1498.00
DE	509.00	742.00	954.00
Coeficiente de variación	0.60	0.74	0.64
Mínimo	209.00	201.00	201.00
Máximo	2 667.00	3 978.00	4 546.00
Promedio del 25% peor	313.00	363.00	486.00
n	104	47	63

Fuente: Buckles et al. (1992).
Nota: DE, desviación estándar.

A pesar de esta discrepancia entre la encuesta en fincas de 1992 y otras fuentes de datos, parece correcta la estimación de la variabilidad del rendimiento afrontada por los agricultores en la encuesta en fincas. El coeficiente de variación (véase el Cuadro 55) para el maíz de postrera cultivado en una abonera (r^2= 0.64) es mucho menor que el del maíz de postrera producido sin el sistema de abonera (r^2 = 0.74), una tendencia que concuerda con comparaciones similares realizadas en otras regiones. Mausolff y Farber (1995) comunicaron los resultados de ensayos en el centro de Honduras en los cuales el coeficiente de variación del rendimiento de maíz fue de 0.47 con la abonera, y de 0.67 sin ella. Como se podía esperar, el coeficiente de variación para el maíz de primera (r^2 = 0.60) es inferior al del maíz de postrera con cualquier sistema, posiblemente como resultado de la mucho menor variabilidad de las precipitaciones durante la temporada primera. Si bien la encuesta en fincas proporcionó una estimación del rendimiento medio inferior al normal, los datos parecen ofrecer una base válida para estimar la variabilidad del rendimiento.

Se usó un procedimiento de dos pasos para estimar la FDA en las tres formas diferentes de cultivo del maíz en el norte de Honduras, con el fin de compensar las limitaciones de los datos disponibles. El procedimiento se basa en la variabilidad del rendimiento de maíz proporcionada por los datos de la encuesta en fincas e incorpora la información adicional aportada por las otras cuatro fuentes de datos disponibles (véase el Cuadro 56). En el primer paso, usamos los datos de la encuesta en fincas para estimar una FDA básica para cada práctica de cultivo de maíz. En el segundo paso, usamos los datos adicionales sobre el rendimiento provenientes de las otras fuentes para ajustar la FDA estimada en el primer paso.

- *Paso 1: Establecimiento de la FDA básica.* Se adaptó una distribución teórica a los datos de la encuesta en fincas. Los resultados mostraron que la distribución de probabilidades que mejor se ajustaba a los datos era la función de la distribución logarítmica normal.[6] Esta función es definida por dos parámetros, la media y la desviación estándar. El Cuadro 57 muestra los valores de estos parámetros antes de cualquier transformación.

[6]La distribución logarítmica normal se usa comúnmente para representar variables aleatorias que son el producto de una gran cantidad de otras variables desconocidas. Como la distribución normal, se caracteriza por dos parámetros — la media y la desviación estándar — pero, a diferencia de la distribución normal, sólo se permiten números positivos en su dominio.

Cuadro 56. Rendimientos medios de maíz según el sistema y la temporada, conforme a las distintas fuentes de información, norte de Honduras, 1985–1993.

	Rendimiento de maíz (kg ha^{-1}) en las distintas temporadas								
				Postrera					
	Primera			Sin abonera			Con abonera		
Fuente	Promedio	DE	Observaciones (*n*)	Promedio	DE	Observaciones (*n*)	Promedio	DE	Observaciones (*n*)
Ensayos de verificación en 1985–1986 [a]	1 662		8						
Encuesta informal en 1989 [b]				1 472		11	2 622		23
Encuesta informal en 1991 [c]	1 668		7				2 638		9
Encuesta informal en 1992 [c]				1 413		7	2 340		8
Encuesta estructurada en 1992 [d]	851	509	90	1 007	742	47	1 498	954	63
Muestreo en los campos en 1992–1993 [e]						6	2 835		46

Nota: DE, desviación estándar.
[a] Experimentos en investigaciones en fincas, 1985–1986.
[b] Licona (1987).
[c] Avila Nájera y López (1990).
[d] Buckles (1992).
[e] Triomphe (1996); observaciones sobre el terreno.

- *Paso 2: Incorporación de información adicional.* Para corregir la evidente subestimación de los niveles del rendimiento en la encuesta en fincas, aumentamos la media del rendimiento de las distribuciones logarítmicas normales identificadas en el paso anterior, y conservamos la variabilidad de ese rendimiento. El rendimiento medio fue aumentado según un factor especificado y se ajustó la desviación estándar para conservar el coeficiente de variación. Se estimó la nueva media calculando el promedio de los rendimientos medios de todas las fuentes disponibles de información.[7]

El Cuadro 57 presenta los resultados de la transformación. Conforme a los nuevos valores de los parámetros, el rendimiento medio de maíz en un sistema de abonera es casi el doble del obtenido con el maíz de postrera sin el sistema de abonera o del generado en el primer ciclo. Esto coincide con la percepción común de las diferencias de rendimiento señaladas por los agricultores, los investigadores y los agentes de extensión familiarizados con la tecnología, y también concuerda con los resultados de las estimaciones medidas (Avila Nájera y López 1990; Mausolff y Farber 1995).

El análisis supone que los efectos del sistema de abonera sobre los rendimientos de maíz comienzan en el segundo año después de la introducción del frijol terciopelo, y que los rendimientos de maíz permanecen constantes en los

Cuadro 57. Transformación del rendimiento medio y la desviación estándar en el maíz cultivado en distintas temporadas y con diferentes sistemas de cultivo.

	Parámetros (kg ha^{-1}) de la distribución logarítmica normal de probabilidad (promedio [DE])	
	Antes de la transformación	Después de la transformación
Rendimiento, maíz de primera	851 (509)	1 394 (834)
Rendimiento, maíz de postrera sin abonera	1 007 (742)	413 (1041)
Rendimiento, maíz de postrera con abonera	1 498 (954)	2387(1520)

Nota: DE, desviación estándar.

[7] **Intentamos varios procedimientos de ponderación, usando la cantidad de observaciones como base para elaborar las ponderaciones, sin resultados satisfactorios. La principal razón de esto reside en la estructura irregular de la cantidad de observaciones para cada sistema en las distintas fuentes de datos. Por ejemplo, la ponderación derivada de la encuesta en fincas varía de 42% en el caso del maíz en un sistema de abonera a un máximo de 94% en el maíz de primera.**

años subsiguientes. Como se señaló en el Capítulo 4, en el primer año (establecimiento) se siembra el frijol terciopelo en la floración del maíz y, por consiguiente, no tiene ningún efecto perjudicial (o positivo) importante sobre los rendimientos de maíz. Los rendimientos de maíz sí parecen aumentar gradualmente en los años subsiguientes, pero, por razones de simplificación y para juzgar en forma conservadora el sistema de abonera, supusimos un rendimiento constante en el resto del ciclo de seis años.

Los precios de campo

Los precios que los agricultores recibían por sus productos y pagaban por sus insumos y servicios también están sujetos a una considerable variabilidad provocada por las fuerzas de la oferta y la demanda en el mercado y por las políticas económicas usadas para modificar el entorno económico de los agricultores. Por consiguiente, los precios constituyen una importante fuente de incertidumbre en los ingresos de las familias de agricultores.

Con el fin de analizar el comportamiento anterior de los precios a nivel de los campos del maíz y los insumos de la producción del cereal, en primer término deflacionamos los precios nominales en lempiras usando el índice de Precios al Consumidor, con base en 1985, y luego los convertimos a dólares estadounidenses usando el tipo de cambio oficial. Como se puede ver en el Cuadro 58 — que muestra los resultados de esta transformación — los precios reales del maíz y de los principales insumos y servicios disminuyeron continuamente durante 1980–1991, con reducciones abruptas en 1990 y 1991. Esta tendencia descendente a largo plazo es consecuencia de los programas de ajuste estructural aplicados en Honduras.

Otra característica importante de los precios del maíz en Honduras es la fluctuación estacional, descrita en el Capítulo 2. Los precios del maíz en la finca se calcularon ajustando los precios de campo anuales según los índices estacionales: +5 y -15% para el segundo ciclo y el primero, respectivamente. Se estimaron los precios de campo restando al precio en finca los costos de la cosecha y el transporte. Esto equivalía a 25% del precio en finca en el primer ciclo; al 20% en la postrera con el sistema de abonera; y al 15% en la postrera sin ese sistema. Estas diferencias reflejan las diferencias entre los costos de mano de obra para doblar el maíz en el primer ciclo y recolectar las mazorcas en el campo con *Mucuna.*

Se estimaron los precios de la semilla de maíz de las variedades locales usando los costos de oportunidad; es decir, se usaron los precios en finca del segundo ciclo como precios de la semilla para la siembra del primer ciclo y viceversa.

Cuadro 58. Precios reales del maíz y principales insumos y mano de obra usados en la producción de este cereal, costa atlántica de Honduras, 1980–1991.

	Precios				
	Insumos y mano de obra		Maíz (US$ kg^{-1})[a]		
	Gramoxone™ (US$ L^{-1})	Mano de obra (US$ d^{-1})	Anual	Primera	Postrera
1980	7.56	3.90	0.18	0.15	0.19
1981	10.27	3.67	0.16	0.13	0.16
1982	9.80	3.09	0.17	0.14	0.18
1983	8.61	2.93	0.17	0.14	0.17
1984	7.79	2.67	0.14	0.12	0.15
1985	7.13	2.50	0.16	0.14	0.17
1986	6.85	2.76	0.17	0.14	0.17
1987	6.19	2.62	0.17	0.14	0.17
1988	5.92	3.20	0.16	0.13	0.17
1989	7.33	1.99	0.16	0.13	0.17
1990	4.24	0.78	0.08	0.07	0.08
1991	4.06	0.52	0.14	0.12	0.15

Nota: US$, dólares estadounidenses; L, lempiras.

[a] Los precios del maíz de primera y de postrera se calcularon ponderando los precios anuales del maíz, usando un índice estacional de -15 y +5%, respectivamente.

Introdujimos la incertidumbre en cuanto a los precios en la simulación suponiendo que los precios siguen una FDA uniforme, con los precios máximos y mínimos escogidos de los valores máximos y mínimos alcanzados durante 1987–1991. (El año inicial escogido fue 1985, ya que puede ser considerado el comienzo del programa de ajuste estructural en Honduras.) Todos los precios en ese rango tienen la misma probabilidad de aparecer en la simulación. Esto concuerda con el sistema de banda de precios adoptado por Honduras para estabilizar los precios internos de los productos agrícolas. Según este sistema, el gobierno establece precios máximos y mínimos (límites de la banda) para los productos de interés, basándose en la variación anterior en los precios internacionales. La oferta y la demanda (el comercio) determinan el precio interno del producto dentro de los límites de la banda, pero el gobierno mantiene los precios dentro de esos límites al regular los mercados de importaciones y exportaciones. Los precios están ligados para permitir que la simulación extraiga el mismo precio para la misma estación. El Cuadro 59 sintetiza las distribuciones de probabilidad de los precios usados en la simulación.

Cuadro 59. Distribuciones de probabilidad de los precios usados en la simulación.

Variable	Distribución de probabilidad (parámetros)[a]
Precio del maíz de primera (US$ kg^{-1})	Uniforme (0.07, 0.14)
Precio del maíz de postrera (US$ kg^{-1})	Uniforme (0.08, 0.17)
Precio del Gramoxone™ (US$ L^{-1})	Uniforme (4.06, 7.33)
Precio de la mano de obra (salario) (US$ días-$persona^{-1}$)	Uniforme (0.52, 3.20)

Nota: US$, dólares estadounidenses; L, lempiras.
[a] Para la distribución uniforme, los parámetros son los valores mínimo y máximo.

Un producto del sistema de descanso arbustivo al que también hay que asignar un precio para la simulación es la leña producida durante el período de descanso. Después de cuatro años de descanso, se puede recoger y vender en el mercado una cantidad significativa de leña, si bien el acceso a los mercados de leña varía mucho dentro de la región y depende de la proximidad a los centros urbanos grandes. En este análisis, se supone que el nivel de producción es de 200 “cargas” (una carga es una unidad local de medición equivalente a unos 50 leños) en el período de cuatro años de descanso. El precio medio de la leña en 1992 (basado en una encuesta informal) fue usado como variable no aleatoria, ya que la falta de datos sistemáticos impedía estimar la distribución de probabilidad de esta variable. Por último, se supuso una tasa de descuento de 10% al año, en concordancia con la tasa real media de interés en Honduras durante 1985–1991.

APÉNDICE V
SIGLAS Y ABREVIATURAS

ACB	análisis de costos y beneficios
CIMMYT	Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo
CIRAD	Centro de Cooperación Internacional en la Investigación Agronómica para el Desarrollo
FDA	función de la distribución acumulativa
IDRC	Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo
IIA	Instituto Internacional de Agricultura
IUT	intensidad del uso de la tierra
MOS	materia orgánica del suelo
MS	materia seca
N_i	nitrógeno inorgánico
snm	sobre el nivel del mar
SRN	Secretaría de Recursos Naturales (Honduras)
USD	dólares estadounidenses
USDA	Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América
VNA	valor neto actual

Este espacio en blanco intencionalmente dejado de la página

BIBLIOGRAFÍA

Acosta, N.; Roman, O.; Vicente, N.E.; Sánchez, L.A. 1991. Crop rotation systems and population levels of nematodes. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico,* 75, 399–405.

Alberts, E.E.; Neibling, W.H. 1994. Influence of crop residues on water erosion. En Unger, P.W., ed., *Managing agricultural residues.* Lewis, Boca Raton, FL, EUA. pp. 19–39.

Anderson, J.R.; Dillon, J.L. 1992. Risk analysis in dryland farming systems. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma, Italia. Farm Systems Management Series, No. 2.

Anderson, J.; Dillon, J.; Hardaker, B. 1977. *Agricultural decision analysis.* Iowa State University Press, Ames, IA, EUA.

Arévalo Ramirez, J.; Jiménez Osornio, J. 1988. Nescafe *(Stizolobiumpruriens*[L.] *Medic.* var. *utilis* Wall *ex* Wight) como un ejemplo de experimentación campesina en el trópico húmedo mexicano. En del Almo, S., ed., *Cuatro estudios sobre sistemas tradicionales.* Instituto Nacional Indigenista, México, pp. 75–89.

Arteaga, L.; Carranza, T.; Elitta, M.; González, M.; Guerrero, C; Guevara, F.; Herrera, B.; López, A.; Martínez, F.; Mendoza, A.; Narváez, G.; Puentes, R.; Reyes, H.; Robles, C; Sohn, I.; Triomphe, B. 1997. El uso de sistemas de cultivo con plantas de cobertura en algunas comunidades del sureste mexicano: contexto, resultados y lecciones aprendidas. Trabajo presentado en el International Workshop on Green Manure–Cover Crops for Smallholders in Tropical and Subtropical Regions, 6–12 abr, Chapeco, Santa Catarina, Brasil. Rural Extension and Agricultural Research Institute of Santa Catarina, Santa Catarina, Brasil.

Avila Nájera, R.; López, J.L. 1990. Sondeo preliminar en la asociación maíz-frijol de abono *(Mucuna* spp.) en el litoral Atlántico de Honduras. 36th Annual Meeting of PCCMCA (Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios), 26–30 mar, San Salvador, El Salvador.

Awang, D.; Buckles, D.; Arnason, J.T. 1997. The phytochemistry, toxicology and processing potential of the covercrop velvetbean (cow(h)age, cowitch) *(Mucuna* Adans. spp., Fabaceae). Trabajo presentado en el International Workshop on Green Manure–Cover Crop Systems for Smallholders in Tropical and Subtropical Regions, 6–12 abr, Chapeco, Santa Catarina, Brasil. Rural Extension and Agricultural Research Institute of Santa Catarina, Santa Catarina, Brasil.

Bailey, L.H. 1947. *The standard cyclopedia of horticulture.* Macmillan, Nueva York, NY, EUA.

Bailey, L.H.; Zoe Bailey, E. 1976. *Hortus third: a concise dictionary of plants cultivated in the United States and Canada.* Macmillan, Nueva York, NY, EUA.

Balesdent, J.; Wagner, G.H.; Mariotti, A. 1988. Soil organic matter turnover in long-term field experiments as revealed by carbon-13 natural abundance. *Soil Science Society of America Journal,* 52, 118–124.

Ball, B.C.; Hunter, R. 1988. The determination of water release characteristics of soil cores at low suctions. *Geoderma,* 43, 195–212.

Barreto, H. 1989. Cambios en propiedades químicas, patrones de fertilización y encalamiento en suelos bajo labranza cero. En Barreto, H., ed., *Labranza de conservación en maíz.* Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, México, pp. 43–70.

Bell, M.A.; Jeffers, D.P. 1992. Influence of a *Mucuna* cover crop on stalk rot of maize. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, México. Sin publicar.

Berner, D.K.; Killani, A.S.; Aigbokhan E.; Couper, D.C. 1992. *Macrophomina phaseolina* on the tropical cover *Mucuna pruriens* var. *utilis. Plant Disease* (dic), 1283.

Bielders, C.L.; Baveye, P. 1995. Processes of structural crust formation on coarse-textured soils. *European Journal of Soil Science,* 46, 221–232.

Blake, G.R.; Hartge, K.H. 1986. Bulk density. En Klute, A., ed., *Methods of soil analysis.* Part 1: Physical and mineralogical methods. American Society of Agronomy–Soil Science Society of America, Madison, WI, EUA. pp. 363–375.

Bort, K.S. 1909. *The Florida velvet bean and its history.* Government Printing Office, Washington, DC, EUA. Bureau of Plant Industry Bulletin 141.

Bouldin, D.R. 1988. Effect of green manure on soil organic matter content and nitrogen availability. En International Rice Research Institute, ed., *Green manure in rice farming: proceedings of a symposium on sustainable agriculture.* IRRI, Los Baños, Filipinas. pp. 151–164.

——— 1989. A multiple ion uptake model. *Journal of Soil Science,* 40, 309–319.

Braunton, E. 1918. The velvet bean. *California Cultivator*(20 mar).

Bridgemohan, P.; Brathwaite, R.A.I.; McDavid, C.R. 1991. Seed survival and patterns of seedling emergence studies of *Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) W.D. Clayton in cultivated soils. *Weed Research,* 31, 265–272.

Brockett, C. 1990. *Land, power, and poverty: agrarian transformation and political conflict in Central America.* Unwin Hyman, Boston, MA, EUA.

Buckles, D. 1992. Hearing the *Mucuna* story. *ILEIA Newsletter,* 8(3), 30–31.

——— 1995. Velvetbean: a “new” plant with a history. *Economic Botany,* 49, 13–25.

Buckles, D.; Arteaga, L. 1993. Extensión campesino a campesino de los abonos verdes en la Sierra de Santa Marta, Veracruz. En Buckles, D., ed., *Gorras y sombreros: caminos hacia la colaboración entre técnicos y campesinos.* Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, México, pp. 51–61.

Buckles, D.; Barreto, H. 1996. Intensificación de sistemas de agricultura tropical mediante leguminosas de cobertura: un marco conceptual. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, México. Natural Resources Group Paper 96–06. 13 pp.

Buckles, D.; Erenstein, O.1996. Intensifying Maize-Based Cropping Systems in the Sierra de Santa Marta, Veracruz. México. CIMMYT Natural Resources Group Paper 96–07. 54 pp.

Buckles, D.; Perales, H. 1995. Farmer-based experimentation with velvetbean: innovation within tradition. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, México. Internal document. 22 pp.

Buckles, D.; Ponce, I.; Saín, G.; Medina, G. 1992. Tierra cobarde se vuelve valiente: uso y difusión del frijol de abono *(Mucuna deeringiand)* en las laderas del litoral Atlántico de Honduras. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, México. 28 pp.

Buckles, D.; Sain, G. 1995. Land and livelihoods: patterns of rural development in Atlantic Honduras. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, México. Natural Resources Group Paper 95–01. 28 pp.

Buckles, D.; Salgado, J.; Bojorque, H.; Antuflez, H.; Mejía, L.; Nolasco, H.; de Ramos, L.; 1991. Resultados de la encuesta exploratoria sobre el uso del frijol de abono *(Stizolobium deeringianum)* en laderas del litoral Atlántico de Honduras. En *Análisis de los ensayos regionales de agronomía, 1990.* Programa Regional de Maíz Para Centro America, Panamá y el Caribe (PRM). Vol. 2. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, Cuidad de Guatemala, Guatemala. pp. 85–93.

Budelman, A. 1988. The decomposition of the leaf mulches of *Leucaena leucocephala, Gliricidia sepium* and *Flemingia macrophylla* under humid tropical conditions. *Agro-forestry Systems,* 7, 33–45.

Bunch, R. 1982. *Two ears of corn.* World Neighbors, Oklahoma City, OK, EUA.

———1990. *Low input soil restoration in Honduras: the Cantarranas Farmer-to-Farmer Extension Programme.* International Institute for Environment and Development, Londres, Reino Unido. Gatekeeper Series, No. 23.

———1993. What we have learned to date about green manure crops for small farmers. International Cover Crop Clearinghouse, Tegucigalpa, Honduras. Technical Report 3 *(2^{a}* ed.). 8 pp.

———1994. The potential of slash/mulch for relieving poverty and environmental degredation. En Thurston, H.D.; Smith, M.; Abawi, G.; Kearl, S., ed., *Tapado. Slash/mulch: how farmers use it, and what researchers know about it.* Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza–Cornell International Institute for Food, Agriculture and Development, Cornell University, Ithaca, NY, EUA. pp. 5–9.

Burkill, I.H. 1966. *A dictionary of the economic products of the Malay Peninsula.* Governments of Malaysia and Singapore, Kuala Lumpur, Malasia.

Byerlee, D.; Hesse de Polanco, E. 1986. Farmers' stepwise adoption of technological packages: evidence from the Mexican Altiplano. *American Journal of Agricultural Economics,* 68, 519–527.

Cahn, M.D.; Bouldin, D.R.; Cravo, M.S.; Bowen, W.T. 1993. Cation and nitrate leaching in an Oxisol of the Brazilian Amazon. *Agronomy Journal,* 85, 334–340.

Cairns, M. 1997. Indigenous fallow management in Southeast Asia: new research exploring the promise of farmer-generated technologies to stabilize and intensify stressed swidden systems. Trabajo presentado en el International Workshop on Green Manure–Cover Crops Systems for Smallholders in Tropical and Subtropical Regions, 6–12 abr, Chapeco, Santa Catarina, Brasil. Rural Extension and Agricultural Research Institute of Santa Catarina, Santa Catarina, Brasil. 14 pp.

Calegari, A.; do Prado Wildner, L.; de Freitas, V. 1997. Adubaçâo verde e sistemas de cobertura do solo na regiáo sul do Brazil. Trabajo presentado en el International Workshop on Green Manure–Cover Crops for Smallholders in Tropical and Subtropical Regions, 6–12 abr, Chapeco, Santa Catarina, Brasil. Rural Extension and Agricultural Research Institute of Santa Catarina, Santa Catarina, Brasil.

Camas Gómez, R. 1991. Evaluación de especies en relevo de maíz para terrenos intermedios en La Fraylesca, Chiapas. En *Memorias del primer seminario sobre manejo de suelos tropicales en Chiapas.* Centro de Investigaciones Ecológicas del Sureste, San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México.

Carter, W. 1969. *New lands and old traditions. Ketchi cultivators in the Guatemalan lowlands.* University of Florida Press, Gainesville, FL, EUA.

Cauthen, E.F. 1921. *Comparison of peanut meal, cotton seed meal, velvet bean meal, ammonium sulphate, and nitrate of soda, as fertilizers for corn and cotton.* Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn, AL, EUA. Bulletin No. 215.

CEPAL (Comisión Económica para América Latina). 1982. *Economía campesina y agricultura empresarial.* CEPAL, México.

Cerf, M.; Sébillotte, M. 1988. Le concept de modèle général et l'analyse de la prise de décision technique. *Comptes rendus de l'Académie d'agriculture de France,* 74, 71—80.

Chapman, S.C.; Barreto, H.J. 1994. Using simulation models and spatial databases to improve the efficiency of plant breeding programs. Trabajo presentado en el Symposium on the Analysis and Exploitation of Plant Adaption in Agricultural Crop Improvement Programs, 28 nov–2 dic 1994, Hyderabad, India. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, Patancheru, Andhra Pradesh, India.

Chávez, R.L. 1993. Efecto residual de la *Mucuna* sobre el rendimiento de maíz bajo diferentes sistemas de manejo. En Buckles, D., ed., *Gorras y sombreros: caminos hacia la colaboración entre técnicos y campesinos.* Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, México. pp. 89—96.

Chevalier, J.; Buckles, D. 1995. *A land without gods: process theory, maldevelopment and the Mexican Nahuas.* Zed Books Ltd, Londres, Reino Unido; Femwood Publishing, Halifax, NS, Canadá.

CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo) Economics Program. 1993. *Adoption of agricultural technologies.* Guidelines for survey design. CIMMYT, México.

Clute, O. 1896. *The velvet bean.* Florida Agricultural Experiment Station, Jacksonville, FL, EUA. Bulletin 35.

Coe, H.S. 1918. Origin of the Georgia and Alabama varieties of velvet bean. *Journal of the American Society of Agronomy,* 12, 175–179.

Costa, F.J.S.A.; Bouldin, D.R.; Suhe, A.R. 1990. Evaluation of N recovery from *Mucuna* placed on the surface or incorporated in a Brazilian Oxisol. *Plant and Soil,* 124, 91–96.

CSIR (Council of Scientific and Industrial Research). 1962. *The wealth of India: a dictionary of Indian raw materials and industrial products.* CSIR, Nueva Delhi, India.

Dalai, R.C.; Henderson, P.A.; Glasby, J.M. 1991. Organic matter and microbial biomass in a Vertisol after 20 years of zero-tillage. *Soil Biology and Biochemistry,* 23, 435–441.

de la Vega, A.; Giral, F.; Sotelo, A. 1981. Nutritional evaluation of the velvet bean *(Stizolobium cinerium)* alone and supplemented with methionine or wheat flour. *Nutrition Reports International,* 24(4), 817–823.

del Cid, R. 1976. *Reforma agraria y capitalismo dependiente.* Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Tegucigalpa, Honduras.

Derpsch, R.; Florentin, M.A. 1992. La *Mucuna* y otras plantas de abono verde para pequeñas propiedades. Ministerio de Agricultura y Ganaderia, Asunción, Paraguay. Publicación Miscelánea No. 22.

DeWalt, B.R.; DeWalt, K.M. 1984. Sistemas de cultivo en Pespire, Sur de Honduras: un enfoque de agroecosistemas. Instituto Hondureño de Antropología e Historia-Intemational Sorghum and Millet, Tegucigalpa, Honduras.

DeWalt, B.R.; Stonich, S.C.; Hamilton, S.L. 1993. Honduras: population, inequality, and resource destruction. En Jolly, C.L.; Torrey, B.B., ed., *Population and land use in developing countries.* National Academy Press, Washington, DC, EUA. pp. 106–123.

Duggar, J.F. 1899. *Velvet beans.* Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn, AL, EUA. Bulletin No. 104.

Duke, J.A. 1981. *Handbook of legumes of world economic importance.* Plenum Press, Nueva York, NY, EUA.

Dunaway, D.; Baum, W., ed. 1984. *Oral history: an interdisciplinary anthology,* American Association for State and Local History–Oral History Association, Nashville, TN, EUA. 436 pp.

Durón, E.; Nuñez, M.A.; Avila, R.; Gutiérrez, R.; Salinas, A.; Aguilar, H.; Zúñiga de Ramos, L.; Atuñez, H. 1989. Avances sobre investigación de abonos verdes en el litoral Atlántico de Honduras. En *Proyectos colaborativos de agronomía, desarrollo y mejoramiento de germosplasma en maíz (Zea mays L.).* Regional Maize Program for Central America and the Caribbean, Ciudad de Guatemala, Guatemala. pp. 239—254.

Duxbury, J.M.; Scott Smith, M.; Doran, J.W. 1989. Soil organic matter as a source and a sink of plant nutrients. En Coleman, D.; Oades, J.M.; Uehara, G., ed., *Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems.* Niftal Project, University of Hawaii, Honolulu, HI, EUA. pp. 33–67.

Ellis, F. 1983. *Las transnacionales del banano en Centroamérica.* Editorial Universitaria Centroamericana, San José, Costa Rica.

Euraque, D.A. 1993. *The absent Honduran oligarchy and the Central American crisis: a historical interpretation.* Department of History, Trinity College, Cambridge, Reino Unido.

Ezueh, M.I. 1977. *Cultivation and utilization of minor food legumes in Nigeria.* Tropical Grain Legume Bulletin No. 10.

Feller, C; Casabianca, H.; Cerri, C. 1991. *Renouvellement du carbone des fractions granulomètriques d'un sol ferralitique forestier (Brésil) mis en culture de canne à sucre. Etude par le ^{13}C en abondance naturelle.* Cahiers ORSTOM, Série pédologie, 26, 365–369.

Ferris, E.B. 1917. *Velvet bean in Mississippi.* Mississippi Agricultural Experiment Station, Jacksonville, MS, EUA. Bulletin No. 179.

Fleury, A. 1991. Méthodologie de l'analyse de l'élaboration du rendement. En *Physiologie et production du maïs.* Institut national de la recherche agronomique—Association générale des producteurs de maïs, París, Francia. pp. 279—290.

Fleury, A.; Masle, J.; Sébillotte, M. 1982. *L'analyse de l'élaboration du rendement, outil de jugement du milieu.* Bulletin technique d'information, 370–372, 357—362.

Flores, L.; Esnaola, M.A.; Castillo, R. 1997. Efecto des frijol abono *(Mucuna pruriens)* como fuente de proteína en la alimentación de cerdos en crecimiento. Trabajo presentado en el International Workshop on Green Manure–Cover Crops for Smallholders in Tropical and Subtropical Regions, 6–12 abr, Chapeco, Santa Catarina, Brasil. Rural Extension and Agricultural Research Institute of Santa Catarina, Santa Catarina, Brasil.

Flores, M. 1987. *El uso del frijol terciopelo (Mucuna pruriens) por agricultores de la costa norte de Honduras para la producción de maíz.* International Cover Crop Clearinghouse, Tegucigalpa, Honduras.

———1993. ¿Tienen razón los agricultores de usar el frijol abono? En Buckles, D., ed., *Gorras y sombreros: caminos hacia la colaboración entre técnicos y campesinos.* Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, México.

———1997. El uso de cultivos de cobertura en Centroamérica: más allá del entusiasmo: retos y oportunidades. Trabajo presentado en el International Workshop on Green Manure–Cover Crops for Smallholders in Tropical and Subtropical Regions, 6–12 abr, Chapeco, Santa Catarina, Brasil. Rural Extension and Agricultural Research Institute of Santa Catarina, Santa Catarina, Brasil.

Follett, R.F.; Peterson, G.A. 1988. Surface soil nutrient distribution as affected by wheat–fallow tillage systems. *Soil Science Society of America Journal*, 52, 141–147.

Foster, G.R.; Young, R.A.; Romkens, M.J.M.; Onstad, C.A. 1985. Processes of soil erosion by water. En Follet, R.F.; Stewart B.A., ed., *Soil erosion and crop productivity.* American Society of Agronomy–Crop Science Society of America–Soil Science Society of America, Madison, WI, EUA. pp. 137–162.

Francis, C. 1993. Designing future tropical agricultural systems: challenges for research and extension. En *Technologies for sustainable agriculture in the tropics.* American Society of Agronomy–Crop Science Society of America–Soil Science Society of America, Madison, WI, EUA. ASA Special Publication No. 56. pp. 187–209.

Fujisaka, S. 1993. Una mirada pesimista al uso de abonos verdes por los agricultores de Asia. En Buckles, D., ed., *Gorras y sombreros: caminos hacia la colaboración entre técnicos y campesinos.* Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, México, pp. 77–85.

Fukuoka, M. 1978. *One straw revolution. An introduction to natural farming.* Rodale Press, Emmaus, PA, EUA.

Galindo, J.J.; Abawi, G.S.H.; Thurston, D.; Galvez, G. 1983. Effect of mulching on web blight of beans in Costa Rica. *Phytopathology*, 73, 610–615.

Gálvez, G.; Colindres, M.; González, T.M.; Castaldi, J.C. 1990. *Honduras: caracterización de los productores de granos básicos.* CADESCA, Panama City, Panamá. Temas de Seguridad Alimentaria No. 7.

Giller, K.E.; Wilson, K.J. 1991. *Nitrogen fixation in tropical cropping systems.* CAB International, Wallingord, Reino Unido.

Gliessman, S.R.; García, R.; Amador, M. 1981. The ecological basis for the application of traditional agricultural technology in the management of tropical agro-ecosystems. *Agro-Ecosystems* 7, 173—185.

Glover, N.; Beer, J. 1986. Nutrient cycling in two traditional Central American agro-forestry systems. *Agroforestry Systems*, 4, 77–87.

Graf, W.; Voss, J.; Nyabyenda, P. 1991. Climbing bean introduction in southern Rwanda. En Tripp, R., ed., *Planned change in farming systems: progress in on-farm research.* John Wiley & Sons, Nueva York, NY, EUA.

Granados Álvarez, N. 1989. La rotación con leguminosas como alternativa para reducir el daño causado por fitopatógenos del suelo y elevar la productividad del agrosistema maíz en el trópico humedo. Montecillos, México. Tesis de maestría en ciencias.

Haggar, J.P.; Beer, J.W. 1993. Effect on maize growth of the interaction between increased nitrogen availability and competition with trees in alley cropping. *Agroforestry Systems*, 21, 239–249.

Hairiah, K. 1992. Aluminum tolerance of *Mucuna*, a tropical leguminous cover crop. University of Groningen, Haren, Netherlands. Tesis doctoral, 152 pp.

Hall, G.F.; Olson, C.G. 1991. Predicting variability of soils from landscape models. En Mausbach, M.J.; Wilding, L.P., ed., *Spatial variabilities of soils and landforms.* Soil Science Society of America, Madison, WI, EUA. Special Publication No. 28. pp. 9–24.

Hargreaves, G.H. 1980. *Monthly precipitation probabilities for moisture availability for Honduras.* Utah State University, Logan, UT, EUA. 63 pp.

Hargrove, W.L., ed. 1991. *Proceedings, Cover Crops for Clean Water: an International Conference,* West Tennessee Experiment Station, 9–11 abr, Jackson, TN, EUA. Soil and Water Conservation Society, Ankeny, IA, EUA. 198 pp.

Hayami, Y; Ruttan, V. 1985. *Agricultural development: an international perspective.* Johns Hopkins University Press, Baltimore, MD, EUA.

Hillel, D. 1982. *Introduction to soil physics.* Academic Press, San Diego, CA, EUA.

Holt-Giménez, E. 1993. El programa de experimentación campesina con abonos verdes en Ometepe, Nicaragua. En Buckles, D., ed., *Gorras y sombreros: caminos hacia la colaboración entre técnicos y campesinos.* Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, México, pp. 41–50.

Horowitz, A.J. 1995. Soil physical properties under continuous corn and a *com–Mucuna* rotation on hillsides in northern Honduras. North Carolina State University, Raleigh, NC, EUA. Tesis de maestría en ciencias.

Howard-Borjas, P. 1989. Perspectives on the Central American crisis: "reactionary despotism" or monopoly capital? *Capital and Class,* 39, 51–81.

Hulugalle, N.R.; Lal, R.; Gichuru, M. 1990. Effect of five years of no-tillage and mulch on soil properties and tuber yield of cassava on an acid Ultisol in south-eastern Nigeria. *Experimental Agriculture,* 26, 235–240.

Humphries, S. En prensa. Land use in humid tropical hillsides of Central America: a case study of migrant farmers in the Atlantic Littoral area of northern Honduras. Economic Development and Cultural Change.

Hunt, R. 1982. Plant growth curves: the functional approach to plant growth analysis. University Park Press, Baltimore, MD, EUA.

Huntington, T.G.; Grove, J.H.; Frye, W.W. 1985. Release and recovery of nitrogen from winter annual cover crops in no-till com production. *Communications in Soil Science and Plant Analysis,* 16, 193–211.

IIA (International Institute of Agriculture). 1936. Use of leguminous plants in tropical countries as green manure, as cover and as shade. IIA, Roma, Italia.

Infante, M.E.; Pérez, A.M.; Simao, M.R.; Manda, F.; Baquete, E.F.; Fernandes, A.M.; Cliff, J.L. 1990. Outbreak of acute toxic psychosis attributed to *Mucuna pruriens. The Lancet*(3 nov), 1129.

IRRI (International Rice Research Institute), ed. 1988. *Green manure in rice farming: proceedings of a symposium on sustainable agriculture.* IRRI, Los Baños, Filipinas.

Jenkinson, D.S. 1981. The fate of plant and animal residues in soil. En Greenland, D.J.; Hayes, M.H.B., ed., *The chemistry of soil processes.* John Wiley & Sons, Nueva York, NY, EUA. pp. 505–561.

Johnston, A.E.; Powlson, D.S. 1994. The setting-up, conduct and applicability of long-term, continuing field experiments in agricultural research. En Greenland, D.J.; Szabolcs, I., ed., *Soil resilience and sustainable land use.* CAB International, Wallingford, Reino Unido, pp. 395–421.

Jones, M.J. 1975. Leaching of nitrate under maize at Samaru, Nigeria. *Tropical Agriculture* (Trinidad), 52, 1–10.

Kaimowitz, D. 1995. Livestock and deforestation in Central America in the 1980s and 1990s: a policy perspective. Environment and Production Technology Division, International Food Policy Research Institute, Washington, DC, EUA. Discussion Paper No. 9.

———1996. *Livestock and deforestation in Central America in the 1980s and 1990s: a policy perspective.* Center for International Forestry Research, Bogor, Indonesia. Special Publication. 88 pp.

Kamara, C.S. 1986. Mulch-tillage effects on soil loss and soil properties on an Ultisol in the humid tropics. *Soil and Tillage Research,* 8, 131–144.

Kang, B.T.; Mulongoy, K. 1992. Nitrogen contribution of woody legumes in alley cropping systems. En Mulongoy, K.; Gueye, M.; Spencer, D.S.C., ed., *Biological nitrogen fixation and sustainability of tropical agriculture.* John Wiley & Sons, Nueva York, NY, EUA. pp. 367–375.

Kleinman, P.J.A. 1995. Evaluating the ecological sustainability of traditional slash-and-bum agriculture in Indonesia: an examination of edaphic impacts. Cornell University, Ithaca, NY, EUA. Tesis de maestría en ciencias.

Kloepper, J.W.; Rodríguez-Kabana, R.; Mclntroy, J.A.; Collins, D.J. 1991. Analysis of populations of microorganisms in rhizospheres of plants with antagonistic properties to phytopathogenic nematodes. *Plant and Soil,* 136, 95–102.

Labelle, L.; Mendieta, M.; Sánchez, F. 1990. Sistema de clasificación de tierras por capacidad de uso: plan de desarrollo del Bosque Latifoliado. Proyecto Desarrollo del Bosque Latifoliado, Programa Forestal Honduras–Canadá, La Ceiba, Honduras.

Ladd, J.N.; Amato, M. 1985. Nitrogen cycling in legume–cereal rotations. En Kang, B.T.; van der Heide, J., ed., *Nitrogen management in farming systems in humid and subhumid tropics. Institute for Soil Fertility,* Haren, Holanda. pp. 105—127.

Lal, R. 1975. *Role of mulching techniques in tropical soil and water management.* International Institute for Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria. IITA Technical Bulletin No. 1.

———1989. Agroforestry systems and soil surface management of a tropical Alfisol. III. Changes in soil chemical properties. *Agroforestry Systems*, 8, 113–132.

Lamaster, J.P.; Jones, I.R. 1923. *Velvet beans for dairy cows.* South Carolina Agricultural Experiment Station, Clemson College, SC, EUA. Bulletin No. 216.

Lambert, J.D.H.; Amason, J.T. 1989. Role of weeds in nutrient cycling in the cropping phase of milpa agriculture in Belize, Central America. En Proctor, J., ed., *Mineral nutrients in tropical forest and savannah ecosystems.* Blackwell Scientific Publications, Oxford, Reino Unido. pp. 301–313.

Larson, W.E.; Clapp, C.E.; Pierre, W.H.; Morachan, Y.B. 1972. Effects of increasing amounts of organic residues on continuous com. *Agronomy Journal*, 64, 204—208.

Lathwell, D.J. 1990. *Legume green manures. Principles for management based on recent research.* Soil Management Collaborative Research Support Program, Raleigh, NC, EUA. Tropsoils Bulletin 90–01. 30 pp.

Legg, J.O.; Meisinger, J.J. 1982. Soil nitrogen budgets. En Stevenson, F.J., ed., *Nitrogen in agricultural soils.* American Society of Agronomy–Crop Science Society of America–Soil Science Society of America, Madison, WI, EUA. pp. 503–566.

Leonard, H.J. 1987. *Natural resources and economic development in Central America: a regional environmental profile.* Transaction Books, New Brunswick, NJ, EUA; Oxford, Reino Unido.

Licona E. 1987. Informe anual de los resultados de los experimentos en investigacion en fincas de agricultores en el area de Jutiapa, 1985–86. Secretaria de Recursos naturales, Jutiapa, Honduras. Versión mecanografiada.

Littel, R.C.; Freund, R.J.; Spector, P.C. 1991. *SAS system for linear models*(3rd ed.). SAS Institute, Cary, NC, EUA.

Lobo Burle, M.; Suhet, A.R.; Pereira, J.; Resck, D.V.S.; et al. 1992. *Legume green manures. Dry-season survival and the effects on succeeding maize crops.* Soil Management Collaborative Research Support Project, Raleigh, NC, EUA. Soil Management CRSP Bulletin 92–04.

Ludeke, A.K. 1987. Natural and cultural physical determinants of anthropogenic deforestation in the Cordillera Nombre de Dios, Honduras. Recreation and Resources Development, Texas A&M University, College Station, TX, EUA. Tesis doctoral.

Marban-Mendoza, N.; Dicklow, M.B.; Zuckerman, B.M. 1992. Control of *Meloidogyne incognita* on tomato by two leguminous plants. *Fundamental Applied Nematology*, 15, 97–100.

Mariotti, A. 1991. *Le carbone 13 en abondance naturelle, traceur de la dynamique de la matière organique des sols et de l'évolution dès paléoenvironnements continentaux.* Cahiers ORSTOM, Série pédologie, 26, 299–313.

Matute Ortiz, R. 1992. Mercado de frijol común en la Ciudad de la Ceiba. Centro Universitario Regional del Litoral Atlántico, Universidad Nacional Autónoma de Honduras, La Ceiba, Honduras. Memoria.

Mausolff, C; Farber, S. 1995. An economic analysis of ecological agricultural technologies among peasant farmers in Honduras. *Ecological Economics*, 12, 237—248.

McClelland, C.K. 1919. *The velvet bean.* Georgia Agricultural Experiment Station, Atlanta, GA. Bulletin No. 129.

Mikhailova, E. 1995. Predicting rainfall erosivity in Honduras. Cornell University, Ithaca, NY, EUA. Tesis de maestría en ciencias, 112 pp.

Miller, H.K. 1902. *Velvet bean.* Florida Agricultural Experiment Station, Deland, FL, EUA. Bulletin No. 60.

Milleville, P. 1972. *Approche agronomique de la notion de parcelle en milieu traditionnel. La parcelle d'arachide en Moyenne-Casamance.* Cahiers ORSTOM, Série biologie, 7, 23—37.

———1976. *Comportement technique sur une parcelle de cotonnier au Sénégal.* Cahiers ORSTOM, Série biologie, 11, 263–275.

Miranda Medrano, R. 1985. Control de arvenses y mejoramiento de suelos por medio de leguminosas en un agroecosistema tropical. Colegio Superior de Agricultura, Cárdenas, Tabasco, México. Tesis de maestría en ciencias, 128 pp.

Moormann, F.R.; Kang, B.T. 1978. Microvariability of soils in the tropics and its agronomic implications with special reference to West Africa. En Stelly, M., ed., *Diversity of soils in the tropics.* Vol. 34. American Society of Agronomy, Madison, WI. Special Publication. pp. 29–43.

Morgan, W.B. 1969. Peasant agriculture in tropical Africa. En Thomas, M.F; Whittington, G.W., ed., *Environment and land use in Africa.* Methuen, Londres, Reino Unido. pp. 241–272.

Munguia, A. 1992. Distribución de la Caminadora *(Rottboelíia cochinchinensis)* en la región del litoral Atlántico de Honduras. Centro Universitario del Litoral Atlántico, Universidad Nacional Autónoma de Honduras, La Ceiba, Honduras. Tesis de maestría en ciencias.

Narváez, G. 1996. Evaluación de la sustentabilidad campesina: un estudio de caso en el Norte del Istmo Oaxaqueño. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo. Edo. de México, México. Tesis de maestría en ciencias, 239 pp.

Navarro Garza, H. 1984. L'analyse des composantes du rendement du maïs. Application à l'étude de la variabilité du rendement dans une petite région. Institut national agronomique Paris-Grignon, París, Francia. Tesis doctoral, 238 pp.

Neter, J.; Wasserman, W.; Kutner, M.H. 1985. *Applied linear statistical models, regression, analysis of variance and experimental designs (2ª* ed.). Irwin, Homewood, IL, EUA.

Nye, P.H.; Greenland, D.J. 1960. *The soil under shifting cultivation.* Commonwealth Bureau of Soils, Harpenden, Reino Unido. Technical Communication 51. 156 pp.

Ogden, C.B.; Van Es, H.M.; Schindelbeck, R.R. 1997. Miniature rain simulator for field measurement of soil infiltration. *Soil Science Society of America Journal,* 61(4), 1041–1043.

Okigbo, B.N.; Lal, R. 1982. Residue mulches, intercropping and agri-silviculture potential in tropical Africa. En Hill, S., ed., *Basic techniques in ecological farming.* Birkhuser Ver-lag, Basilea, Suiza. pp. 54–69.

Olaboro, G. 1993. Amino acid, mineral trypsin inhibitor and proximate analyses of velvet beans and bean fractions. *Discovery and Innovation,* 5(2), 163—166.

Osei-Bonsu, P.; Buckles, D.; Soza, F.R.; Asibuo, J.Y. 1995. Traditional food uses of *Mucuna pruriens* and *Canavalia ensiformis* in Ghana. *ILEIA Newsletter,* 12(2), 30–31.

Pagiola, S. 1994. Cost-benefit analysis of soil conservation. En Lutz, E; Pagiola, S.; Reiche, C, ed., *Economic and institutional analyses of soil conservation projects in Central America and the Caribbean.* World Bank, Washington, DC, EUA. Environment Paper No. 8.

Palm, C.A.; Sánchez, PA. 1990. Decomposition and nutrient release patterns of the leaves of three tropical legumes. *Biotropica,* 22, 330–338.

PDBL (Proyecto de Desarrollo del Bosque Latifoliado). 1991. Estudio de base de componente agroforestal. Programa Forestal Honduras-Canadá, La Ceiba, Honduras.

———1994. Caracterización del AMI de la Cuenca de Río Cuero. Programa Forestal Honduras-Canadá, La Ceiba, Honduras.

Pichot, J.; Sedogo, M.P.; Chabalier, P.F.; Egoumenides, C; et al. 1987. Quelques termes du bilan de l'azote dans les agrosystèmes tropicaux exondés. Une revue des travaux de I'IRAT. En *Intensification de l'agriculture pluviale: relations entre la plante, le sol et l'eau.* Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement—Institut de recherche d'agronomie tropicale et de culture vivières, Nogent-sur-Marne, Francia. *Mémoires et travaux de VIRAT,* n° 13. pp. 31—61.

Pickett, S.T.A. 1988. Space-for-time substitution as an alternative to long-term studies. En Likens, G.E., ed., *Long-term studies in ecology. Approaches and alternatives,* pp. 110–135. Springer-Verlag, Nueva York, NY, EUA.

Pieri, C. 1989. *Fertilité des terres de savanes. Bilan de trente ans de recherche et de développement agricoles au sud du Sahara.* Ministère de la Coopération et du Développement, Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, París, Francia.

Pieters, A.J. 1928. Abonos verdes para la América tropical. *Boletin de la Unión Panamericana,* 62, 168–192.

Piñeda Portillo, N. 1984. *Geografía de Honduras.* Tegucigalpa, Honduras.

Pino, H.N.; Thorpe, A.; Sandoval Corea, R. 1992. *El sector agrícola y la modernización en Honduras.* Centro de Documentación de Honduras-Postgrado Centroamericano en Economía, Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Tegucigalpa, Honduras.

Piper, C.V.; Tracy, S.M. 1910. *The Florida velvet bean and related plants.* Government Printing Office, Washington, DC, EUA. Bureau of Plant Industry, Bulletin No. 179.

Poats, S. 1991. The *role of gender in agricultural development.* Consultative Group on International Agricultural Research, Washington, DC, EUA. Issues in Agriculture Series, No. 3.

Ponce Cambar, M. 1990. Honduras: política agrícola y perspectivas. En *Honduras: realidad nacional y crisis regional.* Centro de Documentación de Honduras, Universidad Internacional de La Florida, Tegucigalpa, Honduras, pp. 249—278.

Posas, M. 1980. Honduras at the crossroads. *Latin American Perspectives,* 7, 45–56.

Quiroga Madrigal, R.; García Espinosa, R.; Zavaleta Mejía, E.; Rodríguez Gusmán, Ma. 1991. Impacto reducido del patosistema edafico del maíz *(Zea mays)* en el sistema de rotación maíz—calabaza—frijol terciopelo *(Stizolobium deeringianum* Bort.) en Tabasco, México. *Revista Mexicana de Fitopatología,* 10 (2), 103—114.

Ravindran, V.; Ravindran, G. 1988. Nutritional and anti-nutritional characteristics of *Mucuna (Mucuna utilis)* bean seeds. *Journal of Food Science,* 46, 71—79.

Richards, P. 1985. *Indigenous agricultural revolution: ecology and food production in West Africa. Westview Press,* Boulder, CO, EUA.

Rodriguez Torres, G.A. 1992. *Diagnóstico socioambiental y estrategia de manejo para la Zona de Amortiguamiento del Parque Nacional Pico Bonito, La Ceiba, Honduras.* Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica. Tesis de maestría en ciencias.

Rosales, J.M.; Sánchez, F.O. 1990. *Estudio exploratorio de los suelos del area de influencia del PDBL (Depto de Atlántida).* Proyecto Desarollo del Bosque Latifoliado, Programa Forestal Honduras-Canadá, La Ceiba, Honduras. 35 pp.

Rubén, R. 1991. *El problema agrario en Honduras.* Centro de Documentación de Honduras, Tegucigalpa, Honduras.

Rubén, R.; Fúnez, F. 1993. *La compra-venta de tierras de la Reforma Agraria.* Editorial Guaymuras, Tegucigalpa, Honduras.

Rubén, R; van den Berg, P.; Siebe, M.; Heerink, N. 1997. Evaluación economica de sistemas de producción con alto y bajo uso de recursos extemos: el uso del frijol abono en la agricultura de ladera. Trabajo presentado en el Planning Workshop: Supporting Research on Policies for the Management of Natural Resources on the Mesoamerican Hillsides, 5–7 feb, ZAMORANO, Escuela Agrícola Panamericana, Honduras. 15 pp.

SAA (Sasakawa Africa Association)–Global 2000, Inc. 1992. *The Sasakawa-Global 2000 Agricultural Project in Benin and Togo.* SAA-Global 2000, Cotonou, Benin.

Sain, G.; Buckles, D. 1997. Economic analysis of the use of the abonera system in northern Honduras. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, México. Natural Resources Group Paper. 36 pp.

Sain, G.; Matute Ortiz, R. 1992. Cambio tecnológico e investigación en fincas en el Departamento de Atlántida, Honduras. En Bolaños, J.; Saín, G; Urbina, R.; Barreto, H., ed., *Sintesis de resultados experimentales del Programa Regional de Mat Para Centro America, Panamá y el Caribe (PRM).* Vol. 4. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, Ciudad de Guatemala, Guatemala. pp. 198–211.

Sain, G.; Ponce, l; Borbon, E. 1994. Profitability of the abonera system practiced by farmers on the Atlantic Coast of Honduras. En Thurston, H.D.; Smith, M.; Abawi, G.; Kearl, S., ed., *Tapado. Slash/mulch: how farmers use it, and what researchers know about it.* Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza-Comell International Institute for Food, Agriculture and Development, Cornell University, Ithaca, NY, EUA.

Sánchez, P. 1994. Tropical soil fertility research: towards the second paradigm. Transactions, 15th World Congress of Soil Science, 10–16 Jul, Acapulco, México, International Society of Soil Science, Acapulco, México, pp. 65–88.

Sánchez, P.; Palm, C.A.; Szott, L.T.; Cuevas, E.; et al. 1989. Organic input management in tropical agroecosystems. En Coleman, D.; Oades, J.M.; Uehara, G., ed., *Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems.* Niftal Project, University of Hawaii, Honolulu, HI, EUA. pp. 125–152.

Sarrantonio, M. 1991. *Methodologies for screening soil-improving legumes.* Rodale Institute, Kutztown, PA, EUA.

Schlather, K. 1997. The dynamics and cycling of phosphorus in mulched and unmulched bean production systems indigenous to the humid tropics of Central America. Cornell University, Ithaca, NY, EUA. Tesis doctoral.

Schlather, K.; Duxbury, J. 1994. Phosphorus dynamics in slash/mulch bean production in Costa Rica. *Agronomy Abstracts,* 70.

Schomberg, H.H.; Ford, P.B.; Hargrove, W.L. 1994. Influence of crop residues on nutrient cycling and soil chemical properties. En Unger, P.W., ed., *Managing agricultural residues.* Lewis, Boca Raton, FL, EUA, pp. 99–121.

Scott, J.M. 1910. *The velvet bean.* University of Florida Agricultural Experiment Station, Gainesville, FL, EUA. Bulletin 102.

———1919. *Velvet bean varieties.* University of Florida Agricultural Experiment Station, Gainesville, FL, EUA. Bulletin 152.

Sébillotte, M. 1987. *Approaches of the on-farm agronomist: some methodological considerations.* Proceedings, 4th Thailand National Farming Systems Seminar, 7–10 abr, Prince of Songkhla University, Haad Yai, Tailandia.

SECPLAN (Secretaría de Planificación, Coordinación y Presupuesto). 1994. *IV Censo Nacional Agropecuario 1993.* SECPLAN, Tegucigalpa, Honduras. 8 vols.

SEDA (Secretaría del Ambiente). 1993. *Plan de acción ambiente y desarrollo.* SEDA, Tegucigalpa, Honduras.

Sharma, D.; Zelaya, O. 1986. Competition and control of itchgrass *(Rottboelíia exaltata)* in maize *(Zea mays). Tropical Pest Management,* 32, 101—104.

Sherwood, S. 1997. Conversion of the maize-*Mucuna* system on the Honduran north coast: sign of progress or reason for concern? Cartel presentado en el International Workshop on Green Manure-Cover Crops for Smallholders in Tropical and Subtropical Regions, 6–12 abr, Chapeco, Santa Catarina, Brasil. Rural Extension and Agricultural Research Institute of Santa Catarina, Santa Catarina, Brasil.

Siband, P.; Wey, J. 1994. *Un modèle d'analyse des composantes du rendement dans le but d'étudier la variabilité de la production en milieu paysan.* Compte-rendu de l'atelier céréales du CIRAD-CA, 31 May-1 Sep, Montpellier, Francia, Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement-département des Cultures annuelles. pp. 86–102.

Siebert, S.F.; Lassoie, J.P. 1991. Soil erosion, water runoff and their control on steep slopes in Sumatra. *Tropical Agriculture* (Trinidad), 68, 321—324.

Silviagro, S. de, R.L. 1994. Analisis del sub-sector forestal de Honduras. Sin publicar.

Simons, C.S. 1969. *Informe al Gobierno de Honduras sobre los suelos de Honduras.* United Nations, Roma, Italia.

Sinclair, F.L.; Walker, DH.; Joshi, L.; Ambrose, B.; et al. 1993. *Use of a knowledge based systems approach in the improvement of tree fodder resources on farmland in the eastern hills of Nepal.* School of Agricultural and Forest Sciences, University of Wales, Bangor, Reino Unido. 70 pp.

Smyth, T.J.; Cravo, M.S.; Melgar, R.J. 1991. Nitrogen supplied to corn by legumes in a Central Amazon Oxisol. *Tropical Agriculture* (Trinidad), 68, 366–372.

Spahni, J.C. 1982. *Los indios de América Central.* Editorial Piedra Santa, Ciudad de Guatemala, Guatemala.

Sperling, L.; Loevinsohn, M., ed. 1995. *Using diversity: enhancing and maintaining genetic resources on-farm.* International Development Research Centre, Ottawa, ON, Canadá.

SRN-CIMMYT (Secretaría de Recursos Naturales-Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo). 1983. Informe de la encuesta formal en el área de Jutiapa, Honduras. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, México. Sin publicar.

Staley, T.E.; Edwards, W.M.; Scott, C.L.; Owens, L.B. 1988. Soil microbial biomass and organic component alterations in a no-tillage chronosequence. *Soil Science Society of America Journal,* 52, 998–1005.

Steiner, H.M. 1980. *Public and private investment: socioeconomic analysis.* The George Washington University; John Wiley & Sons, Nueva York, NY, EUA. Ronald Press Publication.

Steiner, J.L. 1994. Crop residue effects on water conservation. En Unger, P.W., ed., *Managing agricultural residues.* Lewis, Boca Raton, FL, EUA. pp. 41—76.

Steiner, R.A. 1995. Long-term experiments and their choice for the research study. *In* Barnett, V.; Payne, R.; Steiner, R., ed., *Agricultural sustainability: economic, environmental and statistical considerations.* John Wiley & Sons, Chichester, Reino Unido. pp. 15–21.

Stonich, S.C. 1992. Struggling with Honduran poverty: the environmental consequences of natural resource-based development and rural transformations. *World Development,* 20, 385–399.

———1993. *"I am destroying the land!": the political ecology of poverty and environmental destruction in Honduras.* Westview Press, Boulder, CO, EUA; San Francisco, CA, EUA; Oxford, Reino Unido.

Stuart, J. 1978. Subsistence ecology of the Isthmus Nahuat Indians of southern Veracruz, México. University of California, CA, EUA. Tesis doctoral.

Stubbs, W.C. 1899. *Alfalfa, Spanish peanuts, unknown cow pea and velvet beans.* North Louisiana Agricultural Experiment Station, Baton Rouge, LA, EUA. Bulletin No. 55.

Sunderlin, W.D.; Rodríguez, J.A. 1996. *Cattle, broadleaf forests and the agricultural modernization law of Honduras: the case of Olancho.* Center for International Forestry Research, Bogor, Indonesia. Occasional Paper No. 7 (E). 28 pp.

Swift, M.J.; Kang, B.T.; Mulongoy, K.; Woomer, P. 1991. Organic matter management for sustainable soil fertility in tropical cropping systems. En *Evaluation for sustainable land management in the developing world.* Vol. 2. IBSRAM, Bangkok, Tailandia. D3SRAM Proceedings No. 12. pp. 307–326.

Tanaka, T. 1976. *Tanaka's cyclopedia of edible plants of the world.* Keigaku Publishing Co., Tokyo, Japan.

Templeton, G.S.; Ferguson, H.C.; Gibbens, E. 1917. Part II. Velvet beans, cottonseed meal and com as feeds for dairy cattle. Part **III.** Velvet bean pasture compared with corn and dried blood. Part IV. Velvet bean meal compared with com for fattening hogs. Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn, AL, EUA. Bulletin No. 198.

Thomas-Slayter, B.; Esser, A.; Shields, D. 1993. *Tools for gender analysis: a field guide to methods for bringing gender into sustainable resource management.* Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, VA, EUA.

Thorpe, A. 1991. America Central no puede tener democracia con hambre: las políticas de la reforma agraria en Honduras antes de 1982. Postgrado Centroamericano en Economía, Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Tegucigalpa, Honduras. Documento de Trabajo No. 3.

Thurston, D. 1996. *Slash/mulch systems: sustainable methods for tropical agriculture.* Westview Press, Boulder, CO, EUA.

Tomar, V.P.S.; Narain, P.; Dadhwal, K.S. 1992. Effect of perennial mulches on moisture conservation and soil building properties through agroforestry. *Agroforestry Systems,* 19, 241–252.

Topp, G.C.; Galganov, Y.T.; Ball, B.C.; Carter, M.R. 1993. Soil water desorption curves. En Carter, M.R., ed., *Soil sampling and methods of analysis.* Lewis Publishers, Boca Raton, FL, EUA. pp. 569–579.

Tracy, S.M.; Coe, H.S. 1918. *Velvet beans.* United States Department of Agriculture, Washington, DC, EUA. Farmers Bulletin 962.

Triomphe, B. 1996. Seasonal nitrogen dynamics and long-term changes in soil properties under the ***Mucuna/maize*** cropping system on the hillsides of northern Honduras. Cornell University, Ithaca, NY, EUA. Tesis doctoral, 217 pp.

Tucker, S. 1992. Equity and the environment in the promotion of nontraditional agricultural export. En Annis, S., ed., *Poverty, natural resources, and public policy in Central America.* Transaction Publishers, New Brunswick, NJ, EUA; Oxford, Reino Unido.

USDA (United States Department of Agriculture). 1910–70. *Annual indices of agricultural and food production.* USDA, Washington, DC, EUA.

van der Heide, J.; Hairiah, K. 1989. The role of green manures in rainfed farming stems in the humid tropics. *ILEIA Newsletter,* 5, 11—13.

van Groenewoud, H. 1992. The robustness of correspondence, detrended correspondence, and TWTNSPAN analysis. *Journal of Vegetation Science,* 3, 239–246.

van Wambeke, A. 1992. *Soils of the tropics.* McGraw-Hill, Nueva York, NY, EUA.

Versteeg, M.N.; Koudokpon, V. 1990. *Mucuna* helps control *Imperata* in southern Benin. *West African Farming Systems Research Network Bulletin, 7,* 7–8.

———1993. Participative farmer testing of four low external input technologies to address soil fertility decline in Mono Province (Benin). *Agricultural Systems,* 42, 265—276.

Vissoh, P.; Manyong, V.M.; Galiba, M.; Carsky, R.J.; Osei-Bonsu, P. 1997. Green manure-cover crop systems in West Africa: the case *of Mucuna* planted fallows. Trabajo presentado en el International Workshop on Green Manure-Cover Crops for Smallholders in Tropical and Subtropical Regions, 6–12 abr, Chapeco, Santa Catarina, Brasil. Rural Extension and Agricultural Research Institute of Santa Catarina, Santa Catarina, Brasil.

Vitousek, P.M.; Sanford, R.L. 1986. Nutrient cycling in moist tropical forest. *Annual Review of Ecology and Systematics,* 17, 137—167.

Wade, M.K.; Sánchez, P. 1983. Mulching and green manure applications for continuous crop production in the Amazon Basin. *Agronomy Journal,* 75, 39–45.

Walker, I. 1993. *El impacto de las politicas de ajuste estructural sobre el medio ambiente en Honduras.* Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Tegucigalpa, Honduras.

Watson, J.R. 1922. *Bunch velvet beans to control rot-knot.* University of Florida Agricultural Experiment Station, Gainesville, FL, EUA. Bulletin 163.

Watt, G. 1883. *Economic products of India.* Superintendent of Government Printing, Calcutta, India.

Weischet, W.; Caviedes, C.N. 1993. *The persisting ecological constraints of tropical agriculture.* Longman Group, Nueva York, NY, EUA.

Wetselaar, R.; Ganry, F. 1982. Nitrogen balance in tropical agrosystems. En Dommergues, Y.R.; Diem, H.G., ed., *Microbiology of tropical soils and plant productivity. Developments in plant and soil sciences.* Vol. 5. Martinus Nijhoff, The Hague, Netherlands. pp. 1–36.

Witcombe, J.R.; Joshi, A.; Joshi, K.D.; Sthapit, B.R. 1996. Farmer participatory crop improvement. I. Varietal selection and breeding methods and their impact on biodiversity. *Experimental Agriculture,* 32, 445—460.

White, R. 1977. Structural factors in rural development: the church and the peasant in Honduras. Cornell University, Ithaca, Nueva York, NY, EUA. Tesis doctoral.

Willet, N.L. 1918. Velvet beans: Chinese and early speckled. *Progressive Farmer and Farm Woman* (24 ago).

Wilmot-Dear, CM. 1984. A revision of *Mucuna* (Leguminosae-Phaseoleae) in China and Japan. *Kew Bulletin,* 39(1), 23–65.

World Bank 1993. *World development report.* Oxford University Press, Nueva York, NY, EUA.

Yost, R.; Evans, D. 1988. *Green manure and legume covers in the tropics.* University of Hawaii, Honolulu, HI, EUA. Research Series HJTAHR. pp. 1—37.

Yost, R.S.; Evans, D.O.; Saidy, N.A. 1985. Tropical legumes for N production: growth and N content in relation to soil pH. *Tropical Agriculture* (Trinidad), 62, 20—24.

Yuncker, T.G. 1939. Notes on a semi-arid region in the Aguan River valley, Republic of Honduras. *Torreya,* 39, 133—137.

Zea, J.L. 1992. Efecto de intercalar leguminosas con diferentes dosis de P sobre el rendimiento del maíz *(Zea mays* L.). *Agronomía*

Mesoamericana, 3, 16–22.

Zúñiga Andrade, E. 1990. *Las modalidades de la lluvia en Honduras.* Editorial Guay-muras, Tegucigalpa, Honduras.

INDICE POR MATERIAS

abonera, manejo de la 63–67, 196–99
calendario agrícola 62–69, 89, 101, 103–104, 122, 125–26, 132, 172
fases principales 63, 81
frijol terciopelo
en barbecho 63, 67, 71, 76, 77, 123, 147
establecimiento inicial 63
restablecimiento anual 63–64, 69, 76
hojarasca, efecto en 121–22
maíz
cosecha 48, 52, 67–68, 101, 175, 180
doblado, operación de 40
siembra 61, 64–66, 67–68, 77, 101, 104, 120, 125, 175, 180
prácticas principales 1, 69
preparación de tierras 65, 68, 72–77, 135, 155
seto vivo, *Gliricidia sepium*, podado 68
variabilidad 69–70, 125–26, 192–93
Véase también fertilizantes, uso; mano de
obra, necesidades de; tecnología de
producción de maíz; orientación de
mercado; densidades de siembra; roza;
malezas, control de
abonera, sistema de 59–77
adoptadores, evaluación por 35, 70–77, 111, 119–20, 146, 160, 166, 202
beneficios principales
a corto plazo 176
ahorros en mano de obra 64–65, 72, 125, 155, 160, 170, 173
efecto de fertilizantes *Véase* biomasa,
ciclo del nitrógeno, fertilidad del suelo
facilidad de adopción 60–61, 175–75
plagas, control de 14, 72, 124, 125, 170, 176
potencial de rendimiento 44, 67, 70, 165
potencial de generar ingresos 137–41, 150, 165, 181
rentabilidad 43, 127, 130–36, 147–51, 155, 156, 173–74
sostenibilidad 68, 71, 119, 125, 170, 176
temporada postrera, ventaja de 25, 32, 40, 70, 142–45, 153, 171
Véase también análisis deterministico
ACB; erosión, control de; maíz,
rendimiento del;análisis probabilistico
ACB; suelo, propiedades del;
conservación de humedad del suelo;
malezas, control de
calendario de actividades 134
caracteristicas principales 7, 169–83
condiciones agroecológicas 43–44, 70, 155

elsventajas potenciales 64, 67, 74–75, 111–12, 165–66
1888
fases principales 63, 81
mano de obra, necesidades de 64, 132–36, 141–42, 155
patrones de cultivo 43, 71, 130, 137–40, 150
presupuesto de cultivo 195–98
abandono, razones por 62, 179
manejo de pastizales 154–55, 160, 167, 177–78, 180–81
rotación indefinida 63
abono verde 15–16, 91, 105, 174
adopción (sistema de abonera)
beneficios 157–162, 166
costos 159–60
escenarios 138–42
espontánea 2, 23, 172
hipótesis probadas 153–63
Honduras, fuera del norte de 5
intensidad 59–60, 144
límite máximo 144
medidas de 59, 62
modelo 156
niveles 59, 60, 72, 144, 153, 162–63
por grupo de familias 164
por grupo de propietarios 168
probabilidad de 153–54, 157–61, 162–63, 166
tasas 61, 62, 72, 164
variable, coeficiente de la 145
y abandono 61
Véase también difusión (abonera, sistema de)
adopción, factores 153–68
análisis empirico 157–68
análisis por logits 157–61, 164, 166
beneficios a corto plazo 176
conservación de humedad del suelo 155
costos de adquisición de conocimientos 156
costos de oportunidad
cultivo de primera temporada 75, 154, 157, 159, 188
cultivo de temporada postrera 159
tierra 61, 75, 154, 157, 159, 162, 163, 166
costos de semilla 156
fertilizantes, uso de 156, 158, 161–62, 174
mano de obra

limitaciones 155, 158, 160, 173
productividad 72, 74, 155, 173
políticas del gobierno 161
orientación hacia mercado 156–57, 161–62
patrones de uso de tierras 153–54, 164, 167
precios de productos 165
productividad del sistema 176
restricciones de dinero en efectivo y créditos 52
seguridad alimentaria de la familia 5, 179
seguridad de acceso 150, 154, 161–62, 165, 173
sensibilidad, análisis 157, 163
tierras
distribución 155

mercados de arrendamientos 154, 157, 159, 162, 166–67, 178–79
productividad 70–74, 166
propiedad 61, 73, 140, 144, 153–54, 59, 162, 165–68, 173, 179
tipos 155, 158, 160, 164
uso de la tierra que compiten entre sí 62, 165
inclinación de campo principal de maíz 155, 158, 160, 163
mano de obra familiar, disponibilidad 155, 158, 160, 173
superficie con pastizales poseída 155, 158, 160–61, 163–64
tamaño de las fincas 154–56, 157–59, 161–62, 163, 166–67
tenencia de la tierra 154, 158, 159, 162, 164–67, 173, 178
tierras arrendadas, primera temporada 154, 157–58, 163, 167, 172
tierras arrendadas, temporada postrera 154, 157–59, 163
uso de fertilizantes, primera temporada 158, 161–62
venta de maiz, temporada postrera 155–58, 161–63
tamaño de finca 8, 62, 154–55, 157–59, 162, 164, 165–67, 172–73
adopción, implicaciones
a nivel del campo 130–37
beneficios por unidad de tierra 130–37, 140, 148–49, 170–71
beneficios por unidad de mano de obra 132–37, 149–50, 155–56, 170–71, 173
costos por unidad de tierra 135
mano de obra, familia 135–36
a nivel de la finca 137–42
asignaciones de mano de obra 141–42
asignaciones de tierras 139, 142
beneficios netos 142
mano de obra, demanda global 142
mano de obra, familia 53, 141, 151
necesidades de mano de obra 141–42
regional 141–46
expansión de pastizales, conflictos 154–55, 160, 167, 177–78, 180–81
ingresos 146
mercados de arrendamiento de tierras 146, 166
necesidades de mano de obra 137, 144–42, 146, 151
oferta de maiz 142–46, 150–51
Véase también análisis probabilístico ACB
África, oeste de 15, 174
agricultura de roza y quema
calendario de actividades 134
costos 196–97
enfermedades 38, 40
erosión 1, 38, 41
fertilidad del suelo 1, 38, 42
malezas 1, 14, 41–42
necesidades de mano de obra 132
plagas 38
preparación de la tierra 15, 38
producción de maíz 20
agricultura en laderas 1, 3–5, 28–29, 56, 165, 179–83
agroecosistemas 79
agroexportaciones, industrias de 33
agrupación, técnicas de 47
ahorros en mano de obra (sistema de abonera)
Véase análisis probabilistico (ACB)
alfabetismo 55
análisis deterministico de costos y beneficios (ACB)
beneficios por unidad de tierra 127

beneficios brutos 127, 128
beneficios netos 127–28
borizonte de tiempo 127
precios del maiz 127–28
rendimientos de maíz 127–28
rentabilidad relativa 127
tasa de descuento 127
VNA (valor neto actual) 127
Véase también análisis probabilístico ACB
análisis de variables múltiples 47
análisis económico 4, 5, 8, 127–51, 195–206
Véase también análisis deterministico ACB,
probabilístico ACB y de sensibilidad
análisis por logits
adopción, factor 157–61, 164, 166
N (nitrógeno) total, biomasa 96
análisis probabilístico de costos y beneficios
(ACB)
ahorros en mano de obra (sistemas de abonera) 65–67, 70, 125, 134–36, 141, 149–50, 155–56, 160, 170–71, 173
a nivel de la finca 137–42
a nivel del campo 130–37
arrendamientos económicos 146
asignaciones de tierras 130, 137–42, 146
beneficios brutos 130, 196–98
beneficios netos 128–36, 142, 146, 149, 170–71, 196–98
capital 148, 196–98
coeficientes de correlación 136

coeficientes técnicos 8, 129, 199
costos de mano de obra 63–65, 171, 196–98, 204–05
por día-persona 206
por unidad de tierra 136, 160
costos de producción 195–99, 204–205
costos de transacción 146, 156–57
FDA (función de distribución acumulativa)
beneficios brutos 130
precios del maíz 129
rendimiento de maiz 118–19, 128, 129, 199–200, 201–202
uniforme 205, 206
VNA (valor neto actual) 128–33
función logística 144
horizonte de planificación 131–33, 137, 150, 154, 165, 170
horizonte de tiempo 129
Índice de Precios al Consumidor 204
asalariada 34, 45, 52–56, 134–36, 141
familia 52–58, 65, 74, 132–37, 141, 151, 158, 159–60
mano de obra, uso de 135–36, 141, 148
IUT (intensidad de uso de la tierra) 130–32, 136–40, 149–51
mercados de arrendamientos de tierras 146–47, 151
necesidades de mano de obra 64, 132, 134–35
dias-persona 142
por unidad de tierra 135–36, 141
potencial para generar ingresos 137–41, 151
preparación de la tierra
abonera, sistema de 65, 134–35, 195–98
descanso arbustivo, sistema de 65, 196–98

precio del maíz 204–206
presupuesto de cultivo 196–98
rendimiento de maiz 199–204
función de distribución logaritmica
normal 201–203
incertidumbre 203–206
media, transformado 203
riesgo 132
rendimiento por unidad de mano de obra 132, 134–37, 149, 155, 170, 173
rendimiento por unidad de tierra 131–34, 148–49
rentabilidad relativa 129–31, 132–35, 147–51, 196–98
riesgos de producción 129
sensibilidad, análisis 128, 136–37
simulación Monte Cario 129–30
tasa de descuento 129–33, 136, 171, 206
tecnología de producción de maíz 129, 146, 195
variables aleatorias 128–31, 196–98, 201, 203
VNA (valor neto actual) 128–33, 135–36
distribución de probabilidad 132–33
incertidumbre 128, 149, 199
precios de campo, reales 130, 196–98
Véase también análisis deterministico ACB
arroz
cultivos itinerantes 44
llanura del litoral 28, 41
necesidades para el cultivo 41, 50
superficie cultivada 51
tierras altas 4, 37, 41
ventas 52–53
zona de laderas 28, 37
asignaciones de tierras 130, 137–41, 145, 154, 172
Atlántida, departamento de 25
adopción
patrón 144
tasas 61
encuesta en fincas 185
población 33
urbana 34
precipitaciones
mensuales 31
semanales 26
tierras
concentración 36
distribución 36
usos 29

barbecho/descanso
arbustivo 43, 74, 75, 76, 138–41
arbustivo tradicional 65, 70
campo 21, 24, 41–42, 63–64, 137–38
cultivo 14–15
etapas 41
frijol terciopelo 43, 62–63, 68–69, 70–71, 77, 79, 122–123, 147
mejorado 15
periodo 4, 21–22, 38, 40–43, 65, 71, 130, 137, 190, 206
tierra 29, 36–37, 41, 48–49, 57–58, 74, 146, 159, 181

tradicional 76
vegetación 38, 79
Véase también descanso arbustivo, sistema de
Belice 21, 22, 171
biomasa
aérea
acumulación 87–89, 169, 192
componentes 80–86
contenido 82–85, 169
frijol terciopelo 13–14, 80–100, 103, 109–12, 121–24, 169
Gliricidia sepium 68–69
malezas 81–83, 85–86, 90–91, 95–97, 121–22, 191
total 80–81, 82–83, 88–90, 100, 192
contenido de nutrimentos
análisis por logits 96
C-N (carbono-nitrógeno) ratio 86, 89, 122

N (nitrógeno) 86, 87, 89–90, 100–101, 102, 104, 169–70
otros nutrimentos esenciales 86–88, 109–10, 125, 169
valor ^{13}C 86, 91
microbiana 97
producción 82–83
raíces 13
Véase también descomposición, ciclo de N

cambios a largo plazo
degradación de la tierra 148, 176
percepciones de agricultores 119–20
productividad de cultivo 116–20
suelo
fertilidad 116–17, 121–24, 170
propiedades 105–16, 171
Véase también cronosecuencias, perfil del suelo
Caribe 2, 15, 23–24, 171
Centroamérica 2, 4, 5, 19, 33, 37, 41, 171–72, 174, 182
chinantecos 21
chontales 22, 24
ciclo del nitrógeno (N) 80–106, 122–23, 170, 192
biomasa, contenido de N 82–85, 89–100, 102, 169–70
maíz, respuesta 17, 98–104
sistema suelo-maíz 90–97
presupuesto de N 95–97
cobertura de frijol terciopelo,
comportamiento estacional 87–91
Véase también biomasa, descomposición,
lixiviación, fertilidad del suelo, perfil del
suelo
clasificación jerárquica
casos 47
familias 47–58, 164–65
variables 47
clima
Honduras 30–31, 43, 171
Honduras, norte de 25–28, 30–31, 43, 63, 108, 171
Véase también precipitaciones
C-N (carbono-nitrógeno), ratio

Véase biomasa: contenido de nutrimentos
coeficientes técnicos
Véase análisis probabilístico ACB
conocimientos de agricultores 2, 23–24, 52, 76–77, 104–105, 147, 175
adopción, factor 156
conocimientos locales 2, 23–24, 175
Véase también conocimientos de los agricultores
conservación de humedad del suelo
abonera, sistema de 40, 106, 119, 187
mantillo 21, 70, 71, 76, 102, 125, 155, 169, 200
adopción, factor 155
Véase también evapotranspiración, perfil del suelo, propiedades del suelo: infiltración, propiedades del suelo: porosidad
costos de oportunidad
Véase adopción, factores
costos de transacción
Véase análisis probabilistico ACB
cowitch 12
crédito 52, 147, 148–49, 165
cronosecuencias 9, 80, 105, 114, 189–90, 193
cultivo
patrones 37–38, 42–43, 71, 137–40, 150
prácticas 1, 77, 199, 201
temporadas 23, 31–32, 38, 143, 144
cultivo alimentario secundario 13
cultivo de cobertura 3, 5, 11, 15, 21, 23, 87–91, 173–74
cultivo forrajero 2, 14, 18, 19–20, 69, 81, 180
cultivos alternativos 16, 38, 50–53, 139–40, 148–49, 154, 159, 172, 181
cultivos comerciales 15, 18, 45, 50, 52, 56, 121, 149, 163, 181–82
cultivos itinerantes 1, 4, 15, 24, 29, 37–43
Véase también descanso, arbustivo, sistema de

densidades de siembra
abonera, sistema de 64, 65–66, 118, 119, 126, 180, 195
Las Mangas 68, 192
Piedras Amarillas 68
Río Cuero 68
cultivos itinerantes 37–38
derechos de ocupantes de tierras 34–35, 165–66
Véase también tenencia de la tierra, propiedad de la tierra, derechos de propiedad, derechos de tierras
derechos de propiedad
ocupantes de tierras 34, 35, 165–66
títulos de propiedad 34, 50, 165–66
Véase también tenencia de la tierra, propiedad de la tierra
derrumbes
localizados 75, 111–12, 124
riesgo 75, 112, 120
percibidos 75–76, 112, 160, 188
descanso arbustivo, sistema de
calendario de actividades 132, 134
ciclo 40–43, 130, 138, 170, 179

intensificación 43, 44, 149, 174, 178
maíz
cosecha 132–35
siembra 132–35
malezas, invasión de 44, 174
necesidades de mano de obra 64, 132–36, 141–42
patrones de cultivo 71, 137–40, 178
potencial de mejoramiento 175
precio de lena 197, 206
preparación de la tierra 76, 135, 196–98

presupuesto de cultivo 195–98
rentabilidad 127, 129–37, 147, 149–51, 173–74
rotaciones 42–43, 71, 77, 111, 139, 155
Véase también análisis deterministico ACB;
barbecho; fertilizantes, uso de; costos de
mano de obra; análisis probabilístico
ACB; cultivos itinerantes; roza; fertilidad
del suelo; malezas, control de
descomposición 115, 125
abono verde 90
efectos de lixiviación 123
frijol terciopelo 86, 89, 98, 105, 110, 122, 191
hojarasca 89, 91, 94–94, 97–98, 100, 122–23, 169, 191–92
leguminosas 4
mantillo 79, 90, 102, 123, 169, 175
MS (materia seca) 87
proceso 94
Véase también ciclo de N
descuentos, tasa de
Véase análisis probabilístico (ACB)
diferencias según el sexo 48, 72
difusión (sistema de abonera)
apoyo institucional 61
espontánea 2, 61
otras regiones 136
patrones 19, 23–24, 144–45
tasa 127, 129–30, 136, 17.1, 206
tecnología 3, 156
Véase también adopción (sistema de abonera)
diversificación 45, 46, 48–49, 54–58, 182
Véase también cultivos alternativos, cultivos comerciales, fincas, especialización
dominio pleno (propiedad con título) 165

efectos nematocidas, frijol terciopelo 14
emigrantes 20, 22, 29, 33–35, 59, 182
encuestas, métodos de 6, 8–9, 185
agronómicas 7–8, 191–93
debilidad 48
encuestas locales 8
entrevistas 6, 8, 71–73, 111–12, 129, 185
medios visuales 8, 72, 75, 187–88
Véase también cronosecuencias, clasificación jerárquica
enfermedades
agricultura de roza y quema 38, 41
de Parkinson 13

maiz 32, 38, 67, 171
patógenos 14, 124, 170
por hongos 40–41
pudrición de la mazorca 39–40, 171
telaraña 41
erosión
agricultura de roza y quema 1, 38, 41
control
frijol terciopelo 2, 68, 71–72, 110, 112, 115–116, 121, 124, 169, 187
leguminosas 4
mantillo 70–71, 79, 112, 116, 122, 175–76
deforestación 30
escurrimiento superficial 110, 115
inclinación de laderas 6, 29, 30, 40, 43, 110
precipitaciones 29, 39, 43, 112, 115, 122
surcos 110
zanja 110
especialización 45–46, 47–51
Estados Unidos 20, 23
soya 18–19, 174–75
frijol terciopelo, uso de 181
disminución 18–19, 174
historia 15–19
región 19
estrategias de sustento 47–58, 164, 177–78
estructura agraria 33–34
evapotranspiración 25, 27, 171, 173

familia, tamaño de la 53
familias de militares 33
FDA (función de distribución acumulativa)
Véase análisis probabilístico de costos y beneficios
fertilizantes, precios 39, 77, 99, 161, 174
Estados Unidos 18–19
fertilizantes, uso
adopción, factor 156, 157, 161–62, 174
agricultor típico 162
descanso arbustivo, sistema de 77, 150, 171
Las Mangas 192
maiz
primera temporada 39
temporada postrera 39
número de cosechas, respuesta 147
regional 99
rendimiento, respuesta 80, 99–103
San Francisco de Saco 67, 100–103, 191–92
sistema de abonera 52, 67, 69, 77, 99, 105, 147, 156, 162, 195
tasas de aplicación 39, 67
urea 67, 68, 100, 104–105, 192
Véase también suelo, fertilidad del
fincas ganaderas
ganado de doble propósito 28
lecheras 34, 46–47, 54, 149, 167
reses 46
tamaño del hato 46, 54
Véase también ganado, manejo de pastizales, pastoreo estacional

Florida 15
forraje 14, 15, 180
frijol de abono 22, 105
frijol terciopelo de Georgia 15
frontera agrícola 33
función de la distribución logarítmica normal
Véase análisis probabilístico (ACB)
función logística
Véase análisis probabilístico (ACB)

ganaderos
empleadores 33–34, 45, 53–55
terratenientes 37, 49, 172, 179
ganado 16, 18, 55–58
caballos 46
corretaje 56
ganado bovino 46–47, 48, 53–54, 56–57
ganado porcino 46, 54, 57
propiedad
por grupo familiar 54
Véase también manejo de pastizales, fincas, pastoreo estacional
garifuno 33
germinación 1, 64, 66, 86
germoplasma 125, 180
grupos de familias
agricultores
agricultores de autoconsumo 48–58, 163–64
diversificados 48–58, 163–64
en mediana escala 48–58, 163–64
en pequeña escala 48–58, 163–64
clasificación jerárquica 48–58, 163–64
ganaderos 48–57, 163–64
Guatemala 2, 8, 14, 20, 22, 172, 180

herbicidas, uso de *Véase* maleza, control de la
hojarasca
componentes 82, 83, 88, 191
fertilizantes, efecto de 71–72
formación 13, 90–91, 122, 191–92
humectación 124
manejo 122
mineralización 94–95, 99
N (nitrógeno)
disponibilidad 86–87, 99, 102
liberación 91–92, 94–95, 97
presupuestos 95–97
regulación de flujos de nutrimentos 121–22
valor $d^{13}C$ 83, 86
Véase también biomasa, descomposición
Honduras
costos de fertilizantes 174
crecimiento urbano 34
deforestación 30
experimentos de agricultores 2
maíz

cultivo 39–40
ensayos de rendimiento 201
fluctuaciones estacionales en la oferta 31–32; 43, 137, 172
pérdida de cosechas 30
politicas 137–38, 147, 161, 177, 183, 204
población, crecimiento 33
programas de ajuste estructural 204–206
temporada de cultivo 31, 40
tierras
concesiones 33–34
distribución 33
propiedad 33–36
reformas 33
usos 28–29
Honduras, norte de
abonera, introducción del sistema 140, 173, 189, 190
condiciones agroecológicas 4, 8, 70, 190
condiciones socioeconómicas 4, 5, 57, 178, 181, 190
cultivos itinerantes 37–43
cronosecuencia, idoneidad del método 80
departamentos 25
edad geológica 28, 111
emigrantes 34–35, 59, 182
enseñanzas para desarrollo de la tecnología 175–76
frijol terciopelo
difusión 2–3
introducción 2–3, 22–23
semilla, tipos de 12–13, 63–64
uso, documentación de 4, 190
industria ganadera 154–55, 177
maíz de postrera, proporción 32, 150–51, 171
mapa 7
pastizales 36–37, 155, 167, 178
regiones naturales 27
población
crecimiento 33
densidad 33
suelos, tipos de 27–29
temporada de cultivo 31–32, 39
tierras
disponibilidad 33–37, 45, 130, 132, 154, 179
mercados de arrendamientos 36, 43, 146–47, 154, 157
sistema de tenencia 165
topografía 27–29
horizonte de planificación
Véase análisis probabilistico (ACB)
horizonte de tiempo
Véase análisis deterministico ACB, análisis
probabilístico ACB

IIA (Instituto Internacional de Agricultura) 14–15
Índice de Precios al Consumidor 204
innovación
abonera, sistema de 44
proceso 3, 5, 6, 24, 176
propósitos mütiples 169, 176

ritmo de 179
tecnológica 145, 176–77
intensificación
ciclo de cultivo, tradicional 21
cultivos itinerantes 29, 44
descanso arbustivo, sistema de 43, 44, 149–50, 173–74, 178
estrategias autóctonas para 4
indiscriminada 182
mano de obra, uso de 170–71
planes, Nigeria 15

producción de maíz, temporada postrera 142
tierra, uso de 170–71
Véase también análisis probabilístico ACB: IUT
Véase también sostenibilidad
investigación en fincas 8–9, 100, 189–93, 202

Jutiapa 6, 26, 35, 61, 62, 185

ketchis 20–22

L-Dopa 13
La Ceiba 34, 52
Las Mangas
biomasa, análisis 82–86, 191
cronosecuencia 189
ensayos con fertilizantes 192
Gliricidia sepium, seto vivo 68–69
propiedades del suelo 28, 105–106, 108, 193
rendimientos de maíz 68, 100, 116–17, 192–93
selección de campos 189–90
leguminosas
anuales 11, 175
frijol terciopelo 1, 62, 71
N (nitrógeno), fuente de 4, 13, 79, 99, 109
P (fósforo), disponibilidad de 110
países tropicales, uso en 14, 110
perennes 11, 175
potencial de cultivo de cobertura,
Centroamérica 173
roza y tumba, sistemas de 4
Véase también Mucuna spp., fertilidad del
suelo
litoral atlántico 19, 25, 190, 205
lixiviación 97–99, 107–109, 125, 170
Véase también ciclo de N
llanura del litoral 7, 27–29, 34, 37, 41, 148, 182

maiz, rendimiento del
ACB (análisis de costos y beneficios)
deterministico 128
probabilistico 127, 201–203
sensibilidad 136–37
a largo plazo 2, 116–19, 124, 170
anual 127, 199–203
cultivos itinerantes 42–43

distribución 200–201
frijol terciopelo, efecto de 1, 18, 22, 67–68, 71
función de la distribución logarítmica
normal 201–202
Las Mangas 68, 101, 116–17, 192
métodos de estudio 190–91
nacional 39
Piedras Amarillas 68, 101, 117
Polochic, Valle de 20–21
primera temporada 39, 119, 136, 143, 196–97, 199–203
promedio 116–18, 128, 169, 180, 199–203
R. cochinchinensis, efecto de 120–21
respuesta a N (nitrógeno) 18, 99–102
riesgos 41, 132
Rio Cuero 68, 101, 116–17, 118
San Francisco de Saco 67, 68, 101, 102, 117, 192
tasa de descuento, relación con 136
temporada postrera 40, 119, 136, 143, 196–201
variabilidad 199–203
variable aleatoria 129–30
maíz, venta de 52, 53, 161–62
malezas
N (nitrógeno), presupuestos 95–99
N_i (nitrógeno inorgánico), absorción 92, 169
reciclaje de nutrimentos 120, 123
Véase también biomasa
malezas, control
abonera, sistema de 47–48, 69–75, 76–77, 88, 104, 120–22, 125–26, 173, 187, 195
mantillo 66, 70–71, 72, 169–70, 175
agricultura de roza y quema 15, 41
costos 42, 121, 155–56, 170–71, 196–98
cultivos itinerantes 42
descanso arbustivo, sistema de 66, 132, 134–35
frijol terciopelo, función de 2, 22, 24
actividad alelopática 14, 66
mano de obra
necesidades 42, 67, 132–35, 155–56
salario 55–56
métodos
cultivo para sofocar la maleza 14
herbicidas 4, 39, 66, 69, 90, 95, 196–99
manuales 36, 66, 69, 95, 196–98
mecanizados 147
malezas, invasión
agricultura de roza y quema 1
cultivo continuo 40, 121
descanso arbustivo, sistema de 44, 174
gramíneas anuales 170
mala hierba 42
ribera 21
Rottboelíia cochinchinensis 64, 66, 83, 120–21, 125, 170, 174
roza y tumba, sistemas de 4
malezas, presión de 40, 67, 125
mames 21, 22
manejo de pastizales 162
abonera, conflictos 155–56, 160, 167, 177–78, 180–81

cubierta permanente del suelo 177
mano de obra asalariada 45
preparación de la tierra por arrendatarios 36–37, 172
rotaciones 155, 178
Véase también ganado, fincas, pastoreo estacional
mano de obra
costos

cosecha 204
doblado de maíz 204
malezas, control de 170, 196–98
por unidad de tierra 136, 160
por día-persona 206
preparación de la tierra 63–64
roza 196–98
siembra 196–98
Véase también análisis probabilístico ACB
limitaciones
adopción, factor 155, 158, 159–60, 173
necesidades
abonera, sistema de 65, 132–36, 141–42, 155
cosecha 134
descanso arbustivo, sistema de 65, 132–36, 141–12
doblado de maiz 134
malezas, control de 41–42, 66–67, 134
por unidad de tierra 141
roza 65, 134
siembra 134–35
productividad 141, 173
adopción, factor 72–74, 155, 165, 174
uso
Véase análisis probabilístico ACB
mantillo
de barbechos mezclados 175
descanso arbustivo 76
infiltración 193
manejo 62, 79
N (nitrógeno), liberación de 70, 94
plagas de insectos, desvío para 72
protección para roedores 74
residuos de cultivos 175
Véase también descomposición, control de erosión, fertilidad del suelo, conservación de la humedad del suelo, control de malezas
media de rendimiento, transformado *Véase* análisis probabilístico ACB: rendimiento del maíz
México 2, 5, 14, 22, 172
mineralización
condiciones 98, 115
hojarasca 95, 99
N (nitrógeno) orgánico del suelo 92–95, 99
neta 169
Véase también perfil del suelo

mixes 21, 24
moskitos 33
Mucuna spp. 1, 9, 11–15
mucunaina 12

nahuas 21–22, 42
Nigeria 13, 14
Nombre de Dios 26–27, 30, 34, 35, 45

ocupaciones
autoempleo 55, 56, 57
empleos fuera de las fincas 45, 54–58
estacional 45, 55
jornaleros 45, 53–58
leñadores 45, 55–56, 57
maestros primarios 45, 56, 57
mano de obra asalariada 45, 56, 148
obreros de fabrica 45, 55, 56
obreros 45, 55
oportunidades 33
pequeños negocios 47, 56, 57
pequeños comerciantes 45, 47, 56, 57
rural 33, 34, 57
Véase también análisis probabilístico ACB: uso de mano de obra, estrategias de sustento, manejo de pastizales
orientación hacia el mercado 52–53, 57, 177
adopción, factor

palma africana 1, 28, 29, 30, 178
Parque Nacional Pico Bonito 28
pastoreo estacional 37, 167, 177
patrones de uso de la tierra 5, 20–21, 42–43, 57
adopción, factor 153–54, 163–64, 167–68
Véase también intensificación, análisis probabilístico ACB: IUT
percepciones de agricultores
opciones para ganarse el sustento 182
rendimiento, variabilidad del 201
sistema de abonera 70–77
aumento de la productividad 146
derrumbes, riesgo de 75–76, 111–12, 160
fertilizantes, efecto de 70, 161
potencial de 166
sistemas, varios 76–77
pérdida de cosecha 30, 64, 119, 149
perfil ocupacional 47, 48–49
Piedras Amarillas
biomasa, análisis 82–83, 84–86, 191
cronosecuencia 189
derrumbes, riesgo de 112
propiedades del suelo 28, 106, 108–109, 193
rendimiento del maíz 68, 101, 117
selección de campo 189
plagas 76, 124, 126, 170, 176
insectos 14, 40, 66, 72

pájaros 39, 67
roedores 74, 188
ratas 38, 65, 74, 75
serpientes 74, 75, 188
suelo 21
plaguicidas, uso de 66, 149, 180
plantaciones 20, 34, 177, 182
bananeras 19–20, 28, 33
de algodón 16
de piñ a 1, 28, 29, 147
palma africana 1, 28, 29
población
Atlántida, departamento de 33
Centroamérica 171–72

comunidad 185
crecimiento 1, 33
de laderas 35–36
densidad 33, 42
desplazada 33
garifuno 33
indígena 33
urbana 34
Popoluca 21, 24
postrera 25
precios del maiz
ACB (análisis de costos y beneficios)
deterministico 128
probabilistico 204–206
sensibilidad 136–37
al por mayor 32
carácter estacional 30–32, 137, 150, 171, 203
primera temporada 31, 136, 144, 156, 204–205
temporada postrera 31, 43, 52–54, 136, 142, 156–57, 161, 204–205
en la finca 204–205
fecha escogida de la cosecha, determinada por 69
fluctuaciones 148
internacional 5, 137, 150, 205–206
máximo 205
mínimo 205
nacional 5, 31, 177, 205
promedio 127–28, 204–206
real 204–205
regional 31–32
variabilidad anual 204–206
variable aleatoria 131
precios en fincas, reales
Véase análisis probabilístico (ACB)
precios, incertidumbre de
Véase análisis probabilístico ACB: precios
en finca
predio, tamaño del 36
adopción, factor 8, 62, 155–56, 157–59, 161, 163–64, 165–67, 172–73
análisis basados en 47
costos de oportunidad, en relación con 159, 162
derechos de tenencia de la tierra 49

diferencias entre grupos 48
preocupaciones de los agricultores, en relación con 76
sesgo en las estimaciones 37
variable agregada 159
primera 25
primera temporada
condiciones climáticas 25, 171–72
maíz
escenario de adopción 137–38, 139–41
fertilizante, uso de 40
madurez fisiológica 1
necesidades de mano de obra 41, 132
prácticas de cultivo 38–39
predominio 31
producción anual, tasa de crecimiento 142
proporción de superficie cultivada en laderas 38
proporción de producción total de maíz 31–32
pudrición de la mazorca 39–40, 171
superficie cultivada 50–51, 140–41, 143
tecnología de producción 195
Véase también carácter estacional de los precios del maiz, rendimiento del maiz
preparación de la tierra 38, 195–97
tierras arrendadas 154, 157–59, 163, 167, 172, 179
precipitaciones
acumulativas 97
anuales 25–27, 171
diarias 25
distribución bimodal 25, 31, 43, 63, 171–72
intensidad 69, 110–11, 115
mensuales 25, 31–32
semanales 26
temporada postrera 40
Véase también clima; Atlántida, departamento de
producción agrícola 52, 57–58, 110, 116, 142–43, 154, 182
propietarios de plantaciones 1, 20, 34, 180

recursos de capital 48–49, 54, 58, 175, 177
relación endógena 161
rendimiento, incertidumbre
Véase análisis probabilístico ACB: rendimiento del maíz
rendimiento por unidad de mano de obra
Véase análisis probabilístico ACB
rendimiento por unidad de tierra
Véase análisis probabilístico ACB
rendimiento, riesgos 41, 118–20, 132, 155
Véase también análisis probabilísticos ACB: rendimiento del maíz
rendimientos de frijoles 17, 41, 42
riesgos de producción 128
abonera, sistema de 125
chiles Tabasco 148

cultivos comerciales 182
frijoles de invierno 148
maíz de postrera 119
primera temporada 171
riesgos, reducción de 128
degradación de la tierra a largo plazo 176
derrumbes 160
efectos perjudiciales de la sequía 169
enfermedades 38, 40, 171
plagas 38, 75
por la cría de ganado 46, 167, 177–78
rendimientos bajos 118, 156
Río Cuero
biomasa, análisis de 82–83, 84–85, 191

cronosecuencia 189
rendimiento del maíz 68, 101, 116–17
selección de campo 189, 190
suelo
fertilidad 68
propiedades 28, 105–106, 108–109, 193
Rottboellia cochinchinensis
Véase malezas, invasión
roza
abonera, sistema de 1, 62, 65, 76–77, 89, 104, 125, 175
facilidad de 71, 188
fechas 62–63, 65, 68, 101, 104–105, 132, 134
método 65–66, 69–70
nutrimentos, liberación de 82–91, 97, 123
peligros 75
conservación de humedad del suelo 40
descanso arbustivo, sistema de 132
maíz 39
malezas 39–40
mano de obra
costos 196–98
necesidades 64, 132
salarios 55–56
roza y rumba, sistemas de 4, 71
basados en leguminosas 4
Véase también abonera, sistema de

San Francisco de Saco
adopción, intensidad de 61
biomasa, análisis de 82–86, 191
cronosecuencia 110, 114, 189, 193
derrumbes, riesgo de 112
ensayos con fertilizantes 100–103, 192–93
frijol terciopelo
introducción 22
poblaciones 64
Gliricidia sepium, seto vivo 68–69
presupuestos de N (nitrógeno) 96
producción lechera 149
rendimiento del maíz 68, 101, 103, 117, 192
Rottboellia cochinchinensis, invasión 83, 120

selección para encuesta 185
selección de campo 189, 190
suelo, propiedades del 28, 93, 105–106, 108–109, 112–14, 193
seguridad de acceso
adopción, factor 150, 153, 161, 164–65, 173–74
recursos forestales 45, 55–56
sensibilidad, análisis
adopción, factor 156–57, 162–63
beneficios netos 136
beneficios brutos 128
precio del maíz 136–37
rendimiento de maíz 136
rentabilidad relativa 135–36
tasa de descuento 136
variables aleatorias
coeficientes de correlación 136
Véase también análisis probabilístico ACB
simulación Monte Carlo *Véase* análisis
probabilístico (ACB)
sostenibilidad
agricultura 5, 11
abonera, sistema de 68, 71, 126, 171, 177
cultivos, sistemas de 5, 125, 176, 182
cultivos itinerantes 1, 41, 44
frijol, producción de 41
laderas 3, 175–83
producción comercial de maíz 121
producción de cultivos comerciales 182
roza y tumba, sistemas de 4
apoyo para 182
concepto de 5, 182
restricciones sobre inversión 5
relevancia para agricultores 6, 67, 178–79
Véase también intensificación, cambios a
largo plazo
soya, Estados Unidos 18–19, 174–75
Standard Fruit Company 33
suelo
clasificación 27–29
fauna 94, 97, 122
actividades 112
lombrices 124, 170
microorganismos 13
profundidad 28, 155
suelo, fertilidad del
abonera, sistema de 67–100, 104–11, 169, 187
a largo plazo 2, 116–19, 121–26, 170–71
conocimientos de agricultores 71–74, 104–105
mantillo 67, 70, 71, 79
Véase también ciclo de N
agricultura de roza y quema 1, 38, 42
arroz 41
cultivos itinerantes 4
descanso arbustivo, sistema de 44
después del pastoreo 18
frijol terciopelo 2, 17–18, 23–24, 67–69

mediciones 193
Mucuna, descanso 14–15
naranjales 15
ribera 21
rotaciones maíz-algodón 16
roza y tumba, sistemas de 4
soya, cultivo intercalado 18
Véase también biomasa, ciclo de N
suelo, perfil del
acidificación 108–109, 124, 170
cambios a largo plazo 105–16, 124, 170–71, 192
salud 112–13, 124
N (nitrógeno)

presupuestos 94–97
almacenamiento a largo plazo 97–98
N_i (nitrógeno inorgánico)
agua almacenada 25, 70, 102, 111, 115
dinámica estacional 92–97
disponibilidad 80
observaciones 79, 102, 192
Véase también ciclo de N
suelo, propiedades
ácidos y bases intercambiables 193
Al (aluminio) 108, 109
Ca (calcio) 29, 108, 109
Mg (magnesio) 29, 108, 109
densidad aparente 80, 112, 113, 193
infiltración 80, 111, 114–15, 119, 122, 124, 170, 193
isótopos estables 193
(MOS) materia orgánica del suelo 80, 94, 97–98, 105–107, 111, 113, 122–24, 169–70, 193
C (carbono) 28, 105–108, 193
N (nitrógeno) 28, 94–107
N (nitrógeno) total 193
N_i (nitrógeno inorgánico) 79, 80, 90, 92–99, 104, 109, 192
P disponible 29, 80, 110, 193
pH 28, 80, 108, 109, 116, 124, 170, 193
porosidad 113–14, 115, 124, 170
macroporosidad 80, 112–14, 193
Véase también perfil del suelo

tala 45, 55–58, 181
tecnología de producción de maíz 129, 146
primera temporada 195
temporada postrera 195
Véase también análisis probabilístico ACB
Tela 6, 7, 22, 35, 61, 62, 178, 185
temporada postrera
condiciones climáticas 25, 39, 70, 171–72
cultivos alternativos 139–40
daño a los cultivos 26
maíz
adopción, escenario de 138–40
fertilizantes, uso de 40, 123, 156, 195
importancia relativa 32, 145
madurez fisiológica 39–40, 67

necesidades de mano de obra 132, 134
prácticas de cultivo 39, 62, 65–67
productividad de la tierra 146
proporción de maíz regional 142–44
proporción de maíz total 32, 150, 171
proporción de laderas bajo cultivo 38
pudrición de la mazorca 39
rendimiento, riesgo de 119, 155
superficie cultivada 50–51, 52, 141–44
tasa de crecimiento de la producción anual 142
tecnología de producción 195
tierras dedicadas 150
Véase también fluctuaciones estacionales del precio, ventas del maiz, rendimiento de maíz
mano de obra asalariada 53–54
pérdida de cosechas 30
preparación de la tierra 72, 196–98
tierra arrendada 154, 157–58, 163
temporada seca 26, 56, 87, 90, 115, 155
tierras
acceso 36–37, 43, 49, 170–71
arrendamientos
adopción, factor 154, 157, 161, 166–67, 173, 179
arrendatarios 36–37, 52, 58, 140, 157, 164, 166, 171
corredores de tierras 49
mercados 36–37, 43, 49, 58, 167, 172, 178
por grupo familiar 50
precios 43, 120, 159, 166–67, 172, 178
terratenientes 36–37, 49, 167, 172, 179
Véase también análisis probabilístico ACB: mercados de arrendamientos de tierras
calidad 35, 120, 167, 177
concentración 36, 178, 182
degradación 3, 120, 170
a largo plazo 149, 176
aridez 35
compactación 126, 181
cultivos comerciales 182
intensificación 43, 178
migración, motivos 35
reducción de los rendimientos 35
sellado superficial 116
derechos
tamaño de la finca, relación 50
distribución 44, 48
adopción, factor 164
desigualdades 33
zona de laderas 35, 36
preparación
abonera, sistema de 70, 71–75, 76, 155–56, 197–98
agricultura de roza y quema 15, 38, 41
costos 63–64, 70, 155–56
cultivos itinerantes 383–39

descanso arbustivo, sistema de 76, 135, 196–98
mano de obra asalariada 45, 134
pastizales 36–37, 172
Véase también análisis probabilistico ACB
propiedad
adopción, factor 61, 73, 140, 144, 153–54, 157, 162–67, 173–74, 179
agricultores con tierras extensas 37, 56, 154, 172, 178
agricultores sin tierra 36, 49, 61, 172

agricultores con poca tierra 37, 49, 56, 172, 177–78
agricultor tipico 162
cambios 5
dominio pleno 165
dominio útil 34, 165
e independencia 45–46
familia extendida 36
Honduras 33–35
por grupo familiar 49
trabajadores sin tierra 34, 49
y diversificación 45–46
zona de laderas 36
Véase también derechos de tierras, tenencia de tierras, derechos de propiedad, derechos de ocupantes de tierras
productividad 1, 4, 5, 43, 137, 146, 177
adopción, factor 72–74, 166
tenencia
adopción, factor 8, 153–54, 158–59, 162, 164–67, 173–74, 179
sistema 165
Véase también propiedad de la tierra, derechos de propiedad, derechos de ocupantes de tierras
tipos 21, 24, 38, 151
adopción, factor 156, 158, 160, 163
Tolupan 33

United Fruit Company 19–20, 33

variabilidad climática 25–27, 31, 82, 199, 200
variables aleatorias
Véase análisis probabilístico ACB
verano 25
VNA (valor neto actual)
Véase análisis probabilístico (ACB)

zona de laderas 7, 27–28, 35–36, 37–38, 45–47, 49, 56, 177–78
zonas húmedas tropicales 1, 2, 6, 25, 28, 29, 38, 94–95, 107

Los autores

Daniel Buckles es Oficial Principal de Programas en el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID) en Ottawa, Canadá, egresado de la Universidad Carleton con el título de Ph.D. en sociología rural. Trabajó para la Fundación Rockefeller en calidad de becario de postdoctorado y después para el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) en México como investigador principal. El trabajo de desarrollo de proyecto que realiza el Dr. Buckles con el CIID en América Latina y en el Sur de Asia promueve la innovación

tecnológica e institucional en la gestión de la diversidad biológica, los suelos y otros recursos naturales, así como nuevos métodos para manejar y comunicar la investigación a las comunidades pertinentes.

Bernard Triomphe es Investigador Asociado de la Fundación Rockefeller en la oficina de Ciudad de México. Egresó de la Universidad Cornell con el título de Ph.D. e hizo la práctica de agronomía en Francia, en el Institut National Agronomique Paris-Grignon. Entre los intereses del Dr. Triomphe se encuentran los sistemas de cultivo, investigación en finca, diagnóstico agronómico, experimentación agrícola y sistemas de cultivos de cobertura con abono verde.

Gustavo Sain es Investigador principal del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) en San José, Costa Rica. Es egresado de la Universidad de California en Davis con el título de Ph.D. en economía agrícola. Entre los intereses profesionales del Dr. Sain se encuentran la economía de producción, la economía de cambios tecnológicos y análisis de políticas.

Las instituciones

El Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID) está comprometido con la construcción de un mundo sustentable y equitativo. El Centro financia investigadores del mundo en desarrollo, posibilitando de esta manera que la gente del Sur pueda encontrar sus propias soluciones a sus propios problemas. El CIID también mantiene redes de información y forja vinculos que permiten que los canadienses y sus socios del mundo en desarrollo se beneficien en forma pareja al compartir globalmente el conocimiento. A través de sus acciones, el CIID ayuda a que los demás se ayuden a si mismos.

El Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) es un centro de investigación y capacitación financiado internacionalmente cuya misión consiste en ayudar a aliviar la pobreza mediante el aumento de la rentabilidad, productividad y sustentabilidad de sistemas de cultivo de maíz y trigo, y así mejorar la seguridad alimentaria de los pobres de los países en desarrollo. El personal de CIMMYT trabaja para lograr esa meta protegiendo al mismo tiempo los recursos naturales en peligro que conforman las bases de estos sistemas de cultivo.

El Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) es una asociación civil sin fines de lucro, de acción regional, de carácter internacional y con funciones científicas y educacionales. La sede se encuentra ubicada en Turrialba, Costa Rica, a 70 km. de San José, la ciudad capital. La misión del CATIE es mejorar el bienestar de la humanidad por medio de la investigación científica y la educación de postgrado aplicadas al desarrollo, la conservación y el uso sostenible de los recursos naturales.