

Capítulo 3

Sistema agroforestal Quesungual: una buena práctica de adaptación al cambio climático

Harold Gamboa, Walter Gómez, Muhammad Ibrahim

Resumen

En Centroamérica uno de los principales cambios en el uso de la tierra es la conversión de la vegetación natural a cultivos (principalmente tierras de pastoreo). La tala y quema de bosques ha dado lugar a una disminución en la calidad de la tierra a través del agotamiento de los nutrientes, reducción de la materia orgánica y la erosión. Los problemas de la degradación de las tierras y la desertificación se han incrementado con la variabilidad del clima. El cambio climático se presenta como una amenaza adicional que podría afectar a la capacidad de un país para hacer frente a urgentes demandas de desarrollo rural, incluido la seguridad alimentaria. Actualmente, existe un gran interés en el aumento de los sumideros de carbono en sistemas agrícolas como una estrategia de mitigación al cambio climático. De igual manera, se ha dado un gran énfasis a la mejora de la productividad de los sistemas agrícolas y se ha presentando a la agroforestería como un mecanismo para conciliar los objetivos de mitigación y adaptación al cambio climático. En América Latina existen buenos ejemplos de prácticas agroforestales que están siendo implementadas por los agricultores para desarrollar una producción sostenible y diversificada. La experiencia en Guatemala, Honduras, El Salvador y Nicaragua ha demostrado que mediante la implementación del sistema agroforestal Quesungual, se obtienen altos niveles de rendimiento comparables con los sistemas de agricultura convencional, pero con menores fluctuaciones debidas a los desastres naturales.

Palabras claves: cambio climático, desarrollo rural, sumideros de carbono, mitigación y agroforestería

Abstract

In Central America, one of the major changes in land use is the conversion of natural vegetation to crops (mainly to grazing lands). The practice of slash and burn agriculture has led to a decline in soil quality through nutrients depletion, organic matter reduction and soil erosion. Land degradation problems and desertification have increased with climate variability. Climate change represents an additional threat that could affect a country's ability to meet urgent demands for rural development, food security included. Currently, there is great interest in enhancing carbon sinks in agricultural systems as a climate change mitigation strategy. Similarly, there has been great emphasis on improving farm systems productivity, highlighting agroforestry as a mechanism for reconciling the mitigation and adaptation objectives to climate change. In Latin America there are good examples of agroforestry practices that are being implemented by farmers to develop a sustainable and diversified production. The experience in Nicaragua, Honduras, Guatemala and El Salvador has shown that, through implementation of the Quesungual agroforestry system, high levels of performance, comparable to conventional farming systems but with minor fluctuations due to natural disasters, are obtained.

Key words: climate change, rural development, carbon sinks, mitigation, agroforestry.



Foto: Marco Schmidt.

Fuente: Bajo los términos de la licencia: CC-BY-SA 2.5 (<http://creativecommons.org/licenses/by/2.5/>) 16 de mayo de 2006

3.1 Introducción

En los últimos años, el clima global está siendo alterado significativamente como resultado del aumento de concentraciones de gases de invernadero (Houghton et al. 1992). Estos gases están atrapando una porción creciente de la radiación infrarroja terrestre y se espera un incremento térmico de 1°C a 3°C que desestabilizará la producción de alimentos, lo cual reducirá considerablemente las cosechas. En regiones tropicales con sequía estacional o período seco, se proyecta una reducción considerable en la productividad de los cultivos, afectada por el aumento de las sequías e inundaciones recurrentes—variabilidad de la temperatura (FAO 2008). Asociados a estos potenciales cambios habrá grandes alteraciones en los ecosistemas globales (desertificación, inundaciones, pérdida de biodiversidad y fertilidad de tierras) que a su vez pueden traducirse en desequilibrios económicos. Este tema será de vital importancia en países que dependen fuertemente de los recursos naturales (Bates et al. 2008).

Un efecto evidente y de gran repercusión en los países centroamericanos durante los últimos años ha sido los eventos relacionados con el fenómeno de El Niño. El retraso de la llegada de lluvias y la acentuación de los períodos de sequía han puesto en peligro año tras año la producción de la cosecha de granos básicos de autoconsumo en cientos de hogares. Lindarte y Benito (1993) reportan que más del 60% de la tierra en uso agrícola o ganadero en Centroamérica se encuentra en zonas montañosas, laderas de altas pendientes y suelos muy erosionados. Las familias que cultivan estos suelos degradados poseen escasos recursos para mejorar su producción y satisfacer su requerimiento alimentario mínimo. Sin embargo, la adopción de prácticas agrícolas insostenibles (por ejemplo, el pastoreo excesivo, el cultivo en las laderas, la tumba y quema de la vegetación) ha llevado a la degradación de las tierras y la desertificación en estas regiones, colocando en peligro la vida de las familias rurales.

En América Latina la producción agrícola y el acceso a los alimentos en numerosos países quedarían en una situación gravemente comprometida al tener sus necesidades básicas (por ejemplo, alimento) insatisfechas. Esto afectaría aun más negativamente a la seguridad alimentaria y agravaría la malnutrición (FAO 2008). Hasta mediados del presente siglo, se prevé que los incrementos en la temperatura y las disminuciones de la humedad del suelo originarían una sustitución gradual de los bosques tropicales por sabanas y la vegetación semiárida sería sustituida por vegetación de tierras áridas. Adicionalmente, podrían experimentarse pérdidas de diversidad biológica importantes con la extinción de especies en muchas áreas de la América Latina tropical (IPCC 2007).

Los problemas de la degradación de las tierras y la desertificación se incrementan con la variabilidad del clima. El IPCC (2007) predice que el cambio climático afectará a los países en desarrollo más gravemente a causa de su baja capacidad de adaptación. Actualmente, existe un gran interés en el aumento de los sumideros de carbono en sistemas agrícolas como una estrategia de mitigación al cambio climático.

Del mismo modo, se ha enfatizado de gran manera en la mejora de la productividad de los sistemas agrícolas, lo que lleva a la comprensión que el aumento de las reservas de carbono del suelo en las tierras degradadas es fundamental para el aumento de la productividad.

Reducir la deforestación, sembrar árboles, labrar menos las tierras, aumentar la cubierta del suelo y una mejor ordenación de los pastizales, por ejemplo, permitiría fijar más de 2.000 millones de toneladas de carbono en unos 50 países entre 2003 y 2012 (FAO 2008).

La agroforestería ofrece la oportunidad para conciliar los objetivos de mitigación y adaptación al cambio climático y al mismo tiempo mantener la productividad de los cultivos. En América Latina existen buenos ejemplos de prácticas agroforestales que están siendo implementadas por los agricultores para desarrollar una producción sostenible y diversificada.

La experiencia en Nicaragua, Honduras, Guatemala y El Salvador ha demostrado que mediante la implementación del sistema agroforestal Quesungual, se obtienen altos niveles de rendimiento comparables con los sistemas de agricultura convencional. Conjuntamente, presenta menores fluctuaciones debidas a los desastres naturales como sequías, tormentas, inundaciones y deslizamientos de tierra, demostrando además mejoras en los porcentajes de retención de humedad en los suelos con incrementos entre el 1% y 2% respecto a los otros sistemas y en el contenido de materia orgánica en el suelo en un promedio de 0,01% (PESA/SEL/PRONADERS/SAG 2006).

Este capítulo pone en evidencia como el sistema agroforestal Quesungual puede incrementar la producción de los cultivos y al mismo tiempo reducir los procesos de degradación del suelo, mejorar el nivel de vida de los productores y contribuir a la restauración del medio ambiente.

3.2 Antecedentes

En el año 1992, mediante la ejecución del proyecto PROLESUR (Proyecto Desarrollo Rural del Sur de Lempira), se observó en algunas comunidades del sur de Lempira, Honduras, la existencia de una práctica agrícola muy generalizada entre los productores, la cual consistía en podar sus árboles para sembrar frijol y maíz. Lo atractivo de ésta práctica era que los árboles no estaban talados de raíz, sino que el corte se realizaba a una altura determinada (entre 1,20 y 1,80 m). El rastrojo se acumulaba a favor de la pendiente y posteriormente a la incorporación de todo el material podado proveniente de árboles y arbustos se realizaba la quema. No se tiene referencia sobre cómo

llegó esta práctica a los productores ni cómo éstos se apropiaron de ella, por lo que se asume que se trata de una práctica ancestral heredada de los lenca (FAO/PASOLAC 2005).

Ante lo descubierto, el proyecto comenzó a concentrar su atención en dicho sistema, realizando como primera acción la caracterización del sistema en general y la identificación de posibles innovaciones. Como producto de esta etapa se identificó una propuesta que planteó la introducción de tecnologías y prácticas apropiadas de respuesta rápida y bajo insumo externo que se denominó Quesungual—en honor a la comunidad donde por primera vez se observó (FAO/PASOLAC 2005). A partir de ello, en los últimos 10 años se ha producido un cambio masivo a este nuevo sistema de producción. Es un sistema de labranza cero de agricultura de conservación, con un componente forestal que permite a los agricultores cultivar continuamente sus laderas empinadas, regenerándolas al mismo tiempo (PESA/SEL/PRONADERS/SAG 2006).

3.3 Descripción del sistema

El denominado sistema Quesungual, o Kuxur Rum, es una práctica agroforestal que antiguamente se realizaba en asocio de maíz (*Zea mays* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en combinación con árboles dispersos. Actualmente esta práctica se realiza en asocio de otros cultivos de primera necesidad, tales como el sorgo (*Sorghum vulgare* Pers.) y anuales como el melón (Rodríguez 2008). Este sistema agroforestal ha sido practicado ancestralmente por las culturas mayas y es todavía muy ejercido en algunas regiones. Se presentan reportes de la práctica de este sistema en países como Guatemala, El Salvador, Honduras y Nicaragua (CATIE/CESTA 2006). Cabe señalar que el interés en la promoción del sistema Quesungual como mecanismo resiliente para el manejo del paisaje se incrementó después del huracán Mitch. La experiencia demostró que no se presentaron mayores daños en las zonas donde estaba presente este sistema.

El sistema agroforestal Quesungual se define como un conjunto de tecnologías de manejo de suelo, agrícolas y forestales. Estas tecnologías son combinadas con árboles dispersos en regeneración natural, el cual integra la producción agrícola y forestal en el sistema agroforestal familiar. De tal forma que del mismo lote de terreno se puede obtener leña y madera (producto del manejo

de la regeneración natural) y producción de granos, lo cual reduce la vulnerabilidad física y social de las familias. Estas tecnologías son funcionales para el trópico seco, aproximadamente entre unos 200 y 800 metros sobre el nivel del mar (FAO/PASOLAC 2005).

3.3.1 Diversidad y composición de especies

Una parcela típica de este sistema la conforman numerosos árboles podados y arbustos (hasta 140 ha⁻¹) con una densidad promedio entre 11 a 14 árboles ha⁻¹ de grandes dimensiones para madera y fruta. La diversidad de especies en el sistema es alta y depende del manejo y selección de la regeneración natural que realice el productor (PESA/SEL/PRONADERS/SAG 2006). En El Salvador se llevó a cabo un inventario de la cobertura arbórea dentro de un sistema Quesungual en un área de 9,5 ha (tres fincas). El reporte indicó una abundancia de 1.210 árboles adultos (≥ 5 cm de diámetro a la altura del pecho) y densidades de 127 árboles ha⁻¹ (Gómez 2008). Se observó que éste sistema presenta niveles relativamente altos de diversidad biológica en comparación con otros sistemas agrícolas en la región y adicionalmente las especies leñosas representan diferentes funciones dentro del sistema (CATIE/CESTA 2006).

Por ejemplo, la especie dominante fue el carbón (*Acacia pennatula* [Schltdl. y Cham.] Benth.), que contribuye a la fijación de nitrógeno atmosférico y a entradas de materia orgánica al sistema. Adicionalmente representa una fuente de material energético para las familias (leña). Se encontraron, además, árboles maderables como el laurel (*Cordia alliodora* [Ruiz y Pav.] Oken.)—de alto valor comercial generalmente utilizado dentro de las fincas—y frutales como el mango (*Mangifera indica* L.), destinado para la venta y autoconsumo. Teniendo en cuenta los actuales precios del mercado, la madera tiene buenas opciones de comercialización, lo cual representa una fuente de ingreso adicional para las familias.

Sin embargo, hay necesidad de simplificar las políticas forestales para promover el aprovechamiento sostenible de la madera en los sistemas agroforestales de la región. Muchos productores y familias rurales obtienen leña producida con el sistema Quesungual con valores de producción entre 5 a 6 m³ ha⁻¹ año⁻¹ (CATIE/CESTA 2006). Estos rendimientos podrían incrementarse mediante un mejor manejo silvicultural de las especies leñosas y adicionalmente obtener mayores beneficios de otros productos.

¿Cómo seleccionar los sitios para el establecimiento del sistema?

Generalmente se seleccionan áreas de bosque o de vegetación secundaria que el agricultor aprovecha periódicamente y que posteriormente deja de sembrar durante algunos años. Preferiblemente, el período de descanso oscila entre seis a 12 años (la mayoría de ocasiones este período está sujeto a la disponibilidad de otras áreas de cultivo que tenga el productor) donde se encuentren árboles que posean diámetros superiores a 10 cm y arbustos con alturas mayores a 1 m. Durante este tiempo de descanso, las áreas pueden recuperar los nutrientes del suelo, beneficio acreditado a la biomasa producida por los árboles y arbustos durante este ciclo (PESA/SEL/PRONADERS/SAG 2006).

En las zonas de cultivo hay árboles en todos los lugares. Frecuentemente puede encontrarse regeneración natural en las parcelas de siembra, en los potreros, en las zonas de reserva, en la microcuenca y en las mismas parcelas aledañas a la casa. El tipo de especies a seleccionar para establecer las especies dentro del sistema depende de las condiciones de la zona. El productor puede encontrar árboles para leña, postes, madera, forraje, abono y alimentación, entre otros (PESA/SEL/PRONADERS/SAG 2006).

3.3.2 Siembra del cultivo

Una vez seleccionado el sitio, se realiza la siembra del frjol o maíz, dispersando la semilla al voleo. Este procedimiento consiste en distribuir de manera no uniforme la semilla a lo largo de toda el área destinada para la siembra. No se preparan surcos y tampoco se cubre la semilla con tierra, esto se realiza sobre la vegetación. El objetivo de este tipo de siembra es aprovechar el terreno mientras se descompone el material podado previamente (Shaxson y Barber 2005).

Una variación del sistema consiste en controlar las malezas emergentes mediante la aplicación de herbicidas de contacto (se busca que este evento disminuya después de tres ciclos agrícolas hasta llegar a cero). Inicialmente los productores utilizaban altas dosis de fertilizante, debido a que la biomasa producida por la poda de los árboles, los residuos de cosecha y de las malezas no se dejaban en descomposición y los cultivos no podían hacer uso de los beneficios de la materia orgánica en forma mineralizada. PESA/SEL/PRONADERS/SAG (2006) reportaban la utilización de 2 a 2,5 quintales por manzana de la fórmula 20-20-20, 12-24-12 durante la primera cosecha (entre los ocho a 15 primeros días). Posteriormente, se realizaba la aplicación de la urea en la misma cantidad.

Ahora al finalizar la cosecha de cada cultivo, se dejan los residuos de cosecha en el terreno, esto contribuye a proteger el suelo contra la erosión, además de aportar nutrientes e incrementar la retención de humedad durante la época crítica y contribuye a la no aplicación de fertilizantes.

¿Cuál es la cantidad de semilla que se debe sembrar?

La cantidad de semilla a sembrar es variada, debido a que no existe una distribución uniforme de ésta en el terreno. Por lo tanto, la disposición depende del manejo y destreza del agricultor al momento de esparcir la semilla. Se recomienda utilizar para el caso del frijol, una cantidad que oscila entre 100 a 120 libras por manzana y en maíz entre 25 y 35 libras por manzana (PESA/SEL/PRONADERS/SAG 2006).

¿Cómo se debe realizar un manejo adecuado del sistema?

Existen ciertas prácticas que muchos agricultores utilizan dentro de sus áreas de cultivo que permiten mantener entre otros la fertilidad del suelo y sus condiciones físicas, de igual manera contribuyen a mantener la sostenibilidad del sistema. Ejemplo de ello es la no quema y la no labranza del suelo al momento de la siembra. Cuando el productor no quema, está permitiendo que se acumulen los residuos de la cosecha, aquellos que al descomponerse, se convierten en materia orgánica, mejorando las condiciones del suelo donde se cultiva.

3.3.3 Limpieza del terreno y control de malezas (chapia)

La chapia o limpieza de hierbas y malezas dentro del terreno que ha estado en descanso se realiza inmediatamente después de sembrar el área destinada para el cultivo. Durante esta actividad, las malezas se cortan a unos centímetros del suelo, evitando que las raíces queden descubiertas o el arranque de las mismas.

3.3.4 Poda de árboles y arbustos

Los arbustos que se encuentran en la parcela se podan a una altura de 1,5 a 3,0 m, cuidando de no lastimar la raíz, lo que posteriormente permitirá el rebrote de los mismos al inicio del invierno. El corte se realiza de forma transversal inclinada (bisel o punta de lápiz) con el propósito de evitar que la humedad produzca hongos cuando llegue el período lluvioso. Generalmente, los árboles frutales y maderables de alto valor no son podados. El material remanente producto de la poda (hojas y ramas) es utilizado como mulch. Este se esparce sobre el suelo de manera uniforme con el fin de proteger la semilla y generar condiciones aptas

para la germinación. Comúnmente las ramas gruesas, producto de la poda, suelen ser utilizadas en actividades del hogar como leña o postes (PESA/SEL/PRONADERS/SAG 2006).

3.4 Percepción y adopción del sistema agroforestal Quesungual

El proyecto Integrated Water Resource Management by the Implementation of Improved Agroforestry Concepts in Arid and Semi-Arid Areas in Latin America (WAFLA) realizó una encuesta en Guatemala, El Salvador, Honduras y Nicaragua, con el propósito de comprender cómo las prácticas agroforestales están evolucionando en el tiempo. Se utilizó una entrevista semiestructurada para evaluar la percepción de los agricultores acerca del éxito de las prácticas agroforestales o prototipos de ellas que se están manejando en cada sitio. Los resultados mostraron que dentro de las áreas de ejecución del proyecto, éstas prácticas se están ampliando. Este fenómeno se puede atribuir a los múltiples beneficios obtenidos por la integración de especies leñosas con cultivos, que a su vez generan un valor económico adicional para las familias (postes para cercos, madera, leña como fuente de combustible, forraje para animales, abono verde y fijación de N, entre otros).

De igual manera, los productores de Guatemala y El Salvador mencionaron cambios evidentes en la composición de las especies dentro del sistema, producto de la diversificación de las explotaciones (cuadro 3.1). De acuerdo a lo anterior, es muy probable que se esté incrementando la densidad de especies arbóreas con el objeto de diversificar la producción y obtener una mayor sostenibilidad del sistema (CATIE/CESTA 2006). Soriano (2005) reporta que la adopción del sistema agroforestal Kuxur rum (Quesungual) en Guatemala fue de un 88%. Esto asegura una mejora en la producción de granos básicos para las familias, rompiendo con el sistema de agricultura tradicional y contribuyendo a la recuperación de los suelos en laderas secas del área Ch'orti'.

Los agricultores entrevistados en todos los sitios reportaron que la productividad de las prácticas agroforestales fue superior a las de los cultivos tradicionales y los sistemas ganaderos. Esta percepción también es apoyada por los estudios de la FAO (2005) en Lempira Sur, Honduras, donde se constató que los agricultores han aumentado la producción del maíz (*Z. mays* L.) de 0,95 t ha⁻¹ año⁻¹ (con el

tradicional sistema agrícola) a 1,9 t ha año⁻¹ (con Quesungual). Según la FAO (2005) esta nueva situación permite a los agricultores un suministro de alimentos durante todo el año y adicionalmente la venta de los excedentes en los mercados locales. En el cuadro 3.2 se describen algunos de los principales cultivos que han sido establecidos en tres regiones de El Salvador con el sistema Quesungual.

Cuadro 3.1. Percepción de los productores acerca del incremento en el área y la composición dentro del sistema agroforestal Quesungual en Guatemala y El Salvador

País	Área agroforestal	Número de especies de árboles	Densidad de árboles	No cultivos en asocio
Guatemala	+	+	+	+
El Salvador	+	=	+	+

Igual: =

Incremento: +

Fuente: Proyecto WAFLA (2008)

Cuadro 3.2. Rendimiento de los principales cultivos y frutales bajo el sistema agroforestal Quesungual en El Salvador

Sitio	Producción de cultivos					
	Maíz	Frijol	Sorgo	Cítricos	Mango	Sandía
	(quintales/ha)					
San Alejo	47,3	-	34,5	400	-	2.300
Monte San Juan	16	4	4	5.000	1.250	-
Yucuaniquin	58,1	9,4	24,5	150	450	-

1 quintal: 46 kg

Fuente: CATIE/CESTA (2006)

El sistema permite incrementar los ingresos de las familias debido a la obtención de productos adicionales como frutas y maderas de valor comercial, con lo cual se asegura una mayor sostenibilidad del sistema. La diversidad de especies que se encuentran asociadas, favorecen de gran manera a los cultivos

principales, proporcionándoles cantidades significativas de materia orgánica producto de las podas y residuos de las cosechas, reducción de las temperaturas por efecto de la sombra y como consecuencia, una mayor productividad de los cultivos. En Guatemala, Soriano (2005) encontró que los rendimientos de maíz (*Z. mays* L.) incrementaron en un 11,5% con el sistema Kuxur Rum. Además, determinó que las semillas criollas de maíz superan a las variedades de semillas mejoradas, debido a que estas poseen una mejor adaptación a la sequía y a cambios climatológicos.

3.5 Impacto sobre la economía de fincas

Este sistema constituye un conjunto de técnicas de producción agrícola sostenible, donde la conservación de los recursos y el bienestar de la familia campesina son prioritarios. Existe una vinculación muy fuerte entre la adopción/uso del sistema Quesungual y la tenencia de la tierra. Este sistema actualmente es más utilizado por pequeños productores con un área promedio de 1,4 ha (cuadro 3.3).

Cuadro 3.3. Área promedio de fincas, densidad de árboles y principales cultivos en asocio con el sistema Quesungual en El Salvador

Sitio	Número fincas	Área promedio finca (ha)	% área de la finca con Quesungual	Cultivos en asocio	Densidad árboles ha ⁻¹
Monte San Juan	2	0,7	100	Maíz, sorgo, sandía, cítricos	224
San Alejo	5	2,6	69,2	Maíz, frijol, sorgo, cítricos, mango	158
Yucuaiquin	6	2,1	71,4	Maíz, frijol, sorgo, cítricos, mango	396

Fuente: Gómez (2008)

La implementación de este tipo de sistemas inicialmente puede producir rendimientos equivalentes o más altos a los reportados en los sistemas de labranza convencional. Si los sistemas de agricultura convencional y el sistema agroforestal Quesungual fueran aplicados en dos parcelas con las mismas condiciones

agroecológicas y de fertilidad, no se deberían esperar grandes diferencias en productividad durante los primeros años. Sin embargo, después de haber cultivado las mismas especies en las mismas áreas por algún tiempo, las diferencias entre los dos sistemas serán evidentes (Soriano 2005).

Actualmente hay suficientes indicios de que la implementación de tecnologías de agricultura y conservación puede contribuir a la seguridad alimentaria en varios niveles. Pero es probable que la prevalencia de métodos similares entre los pequeños productores sea un factor de la relación inversa, que según se ha observado, existe entre el tamaño del predio—Guatemala 1,45 ha y El Salvador 1,85 ha (Soriano 2005, Gómez 2008) y la producción, ya que cuanto más pequeño es el terreno, más productivo es el uso que se le brinda.

Sin embargo, los medianos e incluso hasta los grandes productores están implementando cada vez más las prácticas conservacionistas, reconociendo las ventajas que tiene frente a otros enfoques convencionales. Evaluaciones realizadas en Centroamérica (CATIE/CESTA 2006, PESA/SEL/PRONADERS/SAG 2006) comprueban que las tecnologías de agricultura de conservación pueden resultar muy beneficiosas para los agricultores y las comunidades, tanto en términos ambientales como económicos. Si estas experiencias se incrementaran, se extrapolarán a diversas regiones y serían financiadas como políticas de producción alternativas, lo que ganaría un amplio terreno en cuanto a seguridad alimentaria y conservación ambiental se refiere.

La FAO (2005) reporta el caso de Lempira, Honduras, donde los agricultores cambiaron el sistema tradicional de roza y quema al sistema agroforestal Quesungual. Un análisis económico de esta transición evidencia que durante los dos primeros años los rendimientos del sorgo y del maíz fueron similares a los que se obtenían en el sistema tradicional (roza y quema). Sin embargo, a partir del tercer año, se observó una clara tendencia al alza en los rendimientos y además las parcelas proporcionaron a los agricultores productos adicionales como leña y postes que representaron un ingreso complementario en la canasta familiar (Hellin 2004).

Una vez que el agricultor confía en una mayor seguridad alimentaria, comienza a diversificar sus cultivos (soja, caña de azúcar, calabazas, etc.) y en muchos casos, también se estimula la cría de animales menores (cerdos y pollos) para ser comercializados en mercados locales o para el consumo

familiar. El sistema tradicional de tumba y quema ha mostrado ser mucho más vulnerable a la irregularidad de lluvias que el sistema agroforestal Quesungual. En base a un estudio comparativo de cinco municipios donde todavía hay suficiente agricultura tradicional para comparar su productividad con el sistema agroforestal Quesungual, se registra en un año normal una producción promedio de 44,61 qq ha⁻¹ con menos costos financieros y tiempo laboral invertidos (cuadro 3.4). Con el sistema tradicional basado en la tumba y quema se registró una producción de 23,07 qq ha⁻¹ (PESA/SEL/FAO/PRONADERS/SAG 2006).

Cuadro 3.4. Requerimiento de mano de obra y costos para el establecimiento y mantenimiento del sistema agroforestal Quesungual

Actividad	Mano de obra y costos			
	Unidad	Costo/día US\$	Cantidad	Total US\$
Chapia y poda	Jornal	2,7	8	21,6
Distribución de biomasa y residuos	Jornal	2,7	2	5,4
Siembra de cultivos	Jornal	0,7	5	13,5
Total		6,1	15	40,5

Fuente: FAO/PASOLAC/INIA/SAG (2005)

Durante la llegada de la época seca en el año 2001, FAO/PASOLAC (2005) reporta que los mismos productores obtuvieron niveles de producción iguales a 38,21 qq ha⁻¹ bajo el sistema Quesungual y 17,10 qq ha⁻¹ mediante prácticas convencionales. Es claro notar, las diferencias significativas que presentan los dos sistemas en cifras productivas. En Guatemala, las cosechas de maíz se han visto mejoradas en un 11,5% a consecuencia del abandono de la quema, efectos del *Gliricidia sepium* Jacq. (hojas y raíces) y aumento de la cobertura vegetal que conservan la humedad en época de sequía. El rendimiento de las cosechas de granos básicos está por tanto relacionado al incremento de estas tres variables y supeditado al manejo cultural y agronómico que los productores hagan de sus cultivos (Soriano 2005).

3.6 Impacto ecológico

El régimen de precipitación y la existencia de laderas de pendientes muy pronunciadas evidencia que muchas zonas en Centroamérica sean propensas a altos niveles de erosión del suelo (Hellin 2004). Bajo estas condiciones, los procesos de degradación son acelerados y los rendimientos en la producción disminuyen. Como consecuencia, los agricultores optan por intervenir más áreas de bosque, generalmente adoptando prácticas inapropiadas que acentúan cada vez estos eventos (CATIE/CESTA 2006).

Mediante la implementación de prácticas de conservación (no quema, labranza cero, manejo de la regeneración natural) los productores han logrado el mejoramiento de la fertilidad del suelo, lo que ha permitido que algunos productores reduzcan la aplicación de fertilizantes químicos hasta en un 25% (PESA/SEL/PRONADERS/SAG 2006), consecuencia de la periódica recuperación de la fertilidad del suelo.

Comparando la fertilidad de los suelos en sistemas agroforestales tropicales frente a la misma variable en sistemas de agricultura o ganadería tradicional, los agricultores asumen que existe un incremento en la fertilidad del suelo que puede atribuirse a la importancia de los árboles en el incremento de la biomasa, la producción de hojarasca y el ciclaje de nutrientes. En el caso de Guatemala y El Salvador, los agricultores expresaron que existe además un efecto, porque donde se practican los sistemas agroforestales tropicales se abandona el sistema de corte y quema, lo cual mejora las condiciones del suelo (CATIE/CESTA 2006). Estas percepciones coinciden con lo reportado en los análisis realizados por el Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT (FAO/PASOLAC/INIA/SAG 2005) en Lempira Sur (Honduras), donde los resultados de suelo en laboratorio mostraron que después de ocho años de utilizar el sistema Quesungual hubo un incremento en la materia orgánica igual a 1,25% (cuadro 3.5).

Por otro lado, la pérdida de nutrientes puede ser minimizada por medio del uso apropiado de cultivos de cobertura de raíces profundas que reciclan los nutrientes lixiviados de la capa superior del suelo, el manejo de la humedad y una mejor recolección, almacenamiento y aplicación de los residuos de los cultivos, del ganado y de la alimentación (hogares). Los nutrientes que son colectados y removidos pueden ser reemplazados por medio de la fijación

simbiótica del nitrógeno, la materia orgánica o el uso complementario de fertilizantes y suplementos alimenticios (CEPAL 2008).

Cuadro 3.5. Percepción de los productores acerca de las prácticas y mejoras en el suelo, agua, erosión, producción e ingresos en el sistema Quesungual en Guatemala y El Salvador

Pais	Fert. suelo	Uso agua	Escorrentia	Tolerancia sequia	Erosión suelo	Prod. cultivos	Ingresos productores
Guatemala	+	+	-	+	-	+	+
El Salvador	+	+	-	+	-	+	+

Incremento: +

Disminución: -

Fuente: Gómez (2008) y Soriano (2005)

Actualmente la erosión es un tema de mucha trascendencia debido a la relación directa que existe entre la pérdida del suelo y la productividad. Las tecnologías convencionales de conservación que se orientan a controlar la pérdida de los suelos apuntan a una improductividad futura de la tierra y a mayores costos indirectos ocasionados por los azolvamientos y deslizamientos, que son la principal amenaza de la agricultura en laderas, en lugar de considerar los problemas y las necesidades prioritarias identificados por los mismos agricultores (Hellin y Schrade 2003).

La formación de una cobertura del suelo con cultivos o residuos de cultivos proporciona alimentos para los organismos del suelo; protege el suelo del efecto destructivo de la lluvia, el viento y el sol; contribuye a la reducción de la pérdida de humedad; mejora la infiltración de agua; y regula su microclima (FAO/PASOLAC 2005). En un sistema con cultivos de cobertura y labranza cero hay una mayor producción de biomasa si se lo compara con la monocultura de la labranza convencional. La agricultura de conservación deja una capa de cobertura (mulch) de hojas y tallos de los cultivos anteriores sobre la superficie. De esta forma, la materia orgánica se puede incrementar en el suelo, lo cual repercute de gran manera sobre la actividad y la población de los

microorganismos al haber mayor actividad biológica y formación de humus (Ayarza y Welchez 2004).

Con el transcurso del tiempo en los sistemas de labranza reducida, la fauna del suelo mediante la actividad biológica de los microorganismos aflojan el suelo y mezclan sus componentes. Además, la mayor actividad biológica crea una estructura estable del suelo por medio de la acumulación de materia orgánica. La cobertura vegetal sobre la superficie del suelo crea un ambiente más húmedo que favorece la actividad de los organismos del suelo. El mayor número de lombrices y demás organismos, combinado con una mayor densidad de las raíces de las plantas, da lugar a poros más grandes que a su vez favorecen la infiltración del agua (Shaxson y Barber 2005). El almacenamiento de la humedad del suelo y su disponibilidad también mejoran (menos evaporación y mayor infiltración), así como el contenido de materia orgánica.

También se presenta una fuerte relación entre el contenido de carbono del suelo y el aumento del tamaño de los agregados. Castro Filho et al. (1998) reportan un incremento en el contenido de carbono del suelo manejado en labranza cero. Este presentó un incremento igual al 134% de los agregados de más de 2 mm y una disminución en los agregados (38%) de menos de 0,25 mm comparado con la labranza convencional.

Cuando se cuenta con las condiciones ideales, la mayor cantidad de residuos sobre el suelo que resulta de los mayores rendimientos puede generar una tendencia creciente de la productividad del suelo. La inclusión de leguminosas como abono verde o cultivos de cobertura en los sistemas de los pequeños agricultores han demostrado esos efectos proporcionando no solo una cobertura densa y grandes cantidades de materia orgánica al suelo, sino también importantes cantidades de nitrógeno fijado bacteriológicamente (FAO/PASOLAC 2005, PESA/SEL/FAO/PRONADERS/SAG 2006).

El Quesungual permite realizar un mejor uso de la tierra, que a su vez genera más nutrientes en el suelo y mejora su capacidad de retención de agua. Adicionalmente, resulta ser un sistema eficiente de conservación que fortalece la agrobiodiversidad y un mayor almacenamiento de carbono por medio de la diversificación (Ayarza y Welches 2004).

El efecto del incremento de la cobertura del suelo por medio de los cultivos y de los residuos se refleja en el aumento en la variedad y diversidad de animales, plantas y microorganismos (necesarios en las funciones básicas del agroecosistema) (FAO/PASOLAC 2005). Este sistema proporciona un mayor número de hábitats para las aves, mamíferos, reptiles, insectos y lombrices de tierra, entre otros (Shaxson y Barber 2005). Por otro lado, el sistema ofrece una mayor cantidad de alimentos y semillas, favoreciendo el incremento de las especies y de la población (FAO/PASOLAC 2005).

¿Cómo permite ésta práctica la adaptación al cambio climático?

Existen muchos estudios que demuestran la variabilidad del clima reflejado en climas más cálidos o en el aumento de temperatura, que a su vez, se asocian con una reducción en los rendimientos de los cultivos. En las regiones áridas y semiáridas, el diseño de sistemas agroforestales debe contribuir a reducir las temperaturas y participar en mejorar la productividad del sistema. Diferentes estudios ponen en manifiesto que la sombra ayuda a reducir la temperatura y a mejorar el crecimiento de los cultivos, particularmente durante la fase de establecimiento (Vandenbeldt y Williams 1992).

Adicionalmente, el sistema agroforestal Quesungual ha demostrado un alto grado de resistencia a los fenómenos meteorológicos extremos atribuido a la diversidad de sus componentes multiestratos. El sistema de la cobertura permanente protege el suelo del impacto de la gota de lluvia y de la compactación del suelo y reduce al mínimo la evaporación. Además, la superficie formada por los residuos contribuye al ciclaje de nutrientes, a mejorar la fertilidad del suelo y consecuentemente podría significar un mayor almacenamiento de carbono en el suelo (Ayarza y Welches 2004).

Sin embargo, los agricultores son conscientes de la disminución en los rendimientos debido al incremento de la sombra, pero no les preocupa ya que los beneficios económicos provenientes de la explotación comercial de los árboles compensan en gran medida la pérdida del rendimiento de los cultivos.

Cabe mencionar que situados en un contexto en el cual las condiciones sean extremadamente calientes (que posiblemente se tendrán que afrontar en el futuro), el efecto del sombreado de estos árboles perennes podría compensar las disminuciones en los rendimientos, causadas por el exceso de calor en áreas abiertas y adicionalmente contribuir a minimizar el estrés hídrico (CATIE/CESTA 2006).

3.7 Conclusiones

Durante los primeros años de establecimiento del sistema Quesungual, los rendimientos de los cultivos no superan a los sistemas tradicionales intensivos, sin embargo bajo este manejo agroforestal se garantiza la sostenibilidad de la producción y se estimula de mejor manera la productividad del suelo.

La implementación de prácticas que contribuyen a incrementar la producción de los cultivos pueden en cierta manera mejorar y mantener los recursos naturales. La experiencia en Centroamérica demuestra que bajo el sistema agroforestal Quesungual se presenta un aumento significativo en la cantidad de árboles y arbustos (densidad ha^{-1}) de diversas especies, permitiendo retener en mayor grado la humedad del suelo, incrementar la cantidad de microorganismos y lograr un mayor aporte de materia orgánica, lo cual disminuye la presión de los bosques (explotación de leña).

El calentamiento mundial modificará el clima, determinando cambios en cuanto a lo que los agricultores pueden cultivar, a los lugares y a la forma en que podrán hacerlo. En consecuencia, los agricultores necesitarán auxilio en materia de tecnología, política e información con el propósito de fortalecer y aumentar su capacidad para la selección, el mantenimiento y el intercambio de recursos genéticos adaptables a las nuevas condiciones ambientales, garantizando así la sostenibilidad de la producción.

3.8 Referencias bibliográficas

- Ayarza, M; Welchez, L. 2004. Drivers Affecting the Development and Sustainability of the Quesungual Slash and Mulch Agroforestry System (QSMAS) on Hillsides of Honduras. *In* Comprehensive Assessment Bright Spots Project Final Report, ed. Noble, A. p. 187–201.
- Bates, B; Kundzewicz, Z; Wu, S; Palutikof, P. (Eds.) 2008. Climate Change and Water. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Secretariat, Geneva. 210 p. Consultado el 15 de septiembre de 2008. Disponible en <http://www.ipcc.ch/pdf/technical-papers/climate-change-water-en.pdf>.
- Castro-Filho, C; Muzilli, O; Podanoschi, A. 1998. Estabilidade de agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. *R. Bras. Ci. Solo* 22:527–538.
- CATIE/CESTA (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica). 2006. Integrated Water Resource Management by the Implementation of Improved Agroforestry Concepts in Arid and Semi-Arid Areas in Latin America (WAFLA): Definition of Appropriate Agroforestry and Water Management Systems According to Local Conditions for Arid and Semi-arid Regions of Latin America. Consultado el 20 de septiembre de 2008. Disponible en <http://www.wafla.com/83.0.html?&L=http%3A%2F%2Fwww.blankner.ocps.net%2Fmedia%2Fyeloc%2Ftaqohu%2F>.
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina). 2008. Objetivos de Desarrollo del Milenio: una mirada desde América Latina y el Caribe. Santiago de Chile. ed. Sojo, A. Consultado el 25 de septiembre de 2008. Disponible en <http://www.eclac.cl/cgi-in/getProd.asp?xml=/publicaciones/xml/1/21541/P21541.xml&xsl=/tpl/p9f.xsl>.
- FAO (Food and Agricultural Organization). 2005. Conservation Agriculture: Case Studies in Latin America and Africa. FAO Soils Bulletin 78. FAO, Rome. Consultado el 18 de septiembre de 2008. Disponible en <ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/sb78s.pdf>.
- FAO (Food and Agricultural Organization). 2008. La FAO en acción 2007–2008. Alimentos, energía y clima: una nueva ecuación. 20 p. Consultado el 12 de septiembre de 2008. Disponible en <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i0330s/i0330s00.pdf>.

- FAO/PASOLAC/INIA/SAG (Food and Agricultural Organization/Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central/Instituto Nacional de Investigación Agraria y Alimentaria/Servicio Agrícola Ganadero) 2005. Tecnologías y metodologías validadas para mejorar la seguridad alimentaria en las zonas secas de Honduras. Serie tecnologías: Manejo de suelos y agua. Comp. Bustamante, B. Tegucigalpa: PESA/PASOLAC. 107 p. Consultado el 23 de septiembre de 2008. Disponible en http://www.pesacentroamerica.org/biblioteca/doc-honfeb/agua_suelos.pdf.
- Fernández, L; Navarro, E. 2005. El sistema agroforestal Quesungual: una opción para el manejo de suelos en zonas secas de ladera. Tegucigalpa: SEL/FAO. Consultado el 15 de septiembre de 2008. Disponible en www.pesacentroamerica.org/biblioteca/doc-hon-feb/Quesungual.pdf.
- Gómez, W. 2008. Diagnóstico de los sistemas agroforestales exitosos en las zonas de trabajo del proyecto WAFLA en Latinoamérica. Caso de estudio en El Salvador. San Salvador, El Salvador, CESTA. 18 p.
- Hellin, J. 2004. De erosión de suelos a calidad de suelos. LEISA Revista de Agroecología. 4(19):6–8 p.
- Hellin, J; Schrade, K. 2003. The Case Against Direct Incentives and the Search for Alternative Approaches to Better Land Management in Central America. 99(1–3): 61–81.
- Houghton, J; Callander, B; Varney, S. 1990. Climate Change: The IPCC Scientific Assessment. Cambridge University Press. 365 p.
- Houghton, J; Callander, B; Varney, S. 1992. Climate Change 1992: The Supplemental Report to the IPCC Scientific Assessment. Cambridge University Press. 200 p.
- IPCC, 2007. Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza. 104 p.
- Lindarte, E; Benito, C. 1993. Sostenibilidad y agricultura de laderas en América Central: cambio tecnológico y cambio institucional. IICA. Serie documentos de programas. No. 33. 118 p.
- PESA/SEL/PRONADERS/SAG (Programa Especial para la Seguridad Alimentaria/Sistema de Extensión Lempira/Programa Nacional de Desarrollo Rural Sostenible/Secretaría de Agricultura y Ganadería) 2006. El sistema agroforestal Quesungual: Una opción para el manejo de

- suelos en zonas secas de ladera. 50 p. Consultado el 15 de septiembre de 2008. Disponible en http://www.pesacentroamerica.org/pesa_ca/ref_san_disponibilidad_tagropec.htm
- Rodríguez, A. 2008. Diagnóstico de los sistemas agroforestales exitosos en las zonas de trabajo del proyecto WAFLA en Latinoamérica. Caso de estudio Guatemala. Managua, Nicaragua, ACICAFOC. 10 p.
- Shaxson, F; Barber, R. 2005. El significado de la porosidad del suelo. Boletines de suelos de la FAO. 129 p.
- Soriano, A. 2005. Evaluación del impacto del sistema agroforestal Kuxur rum en el área Ch'orti', Guatemala. Guatemala, proyecto PESA-FAO. 12 p. Consultado el 18 de septiembre de 2008. Disponible en <http://www.fao.org.gt/archivos/1178758394.pdf>.
- Vandenbeldt, RJ; Williams, JH. 1992. The Effect of Soil Temperature on the Growth of Millet in Relation to the Effect of Faidherbia Albida Trees. *Agricultural And Forest Meteorology* 60:93–100.