El Sistema “Quesungual”

Agroforestería y manejo de suelos para la producción de maíz y frijol en laderas

Jenny C. Ordoñez, Jon Hellin

LIMITED CIRCULATION

Citación recomendada: Ordoñez JC, Hellin J. 2017. El Sistema “Quesungual”: Agroforestería y manejo de suelos para la producción de maíz y frijol en laderas. Working paper No. 280. Lima, Perú. Centro Internacional de Investigación Agroforestal. DOI: <http://dx.doi.org/10.5716/WP18007.PDF>

Las publicaciones de la serie “Working Paper” tienen como objetivo la disseminación de resultados preliminares sobre investigaciones o practicas agroforestales, así como, estimular la retroalimentación de la comunidad científica. Otras publicaciones en serie del Centro Internacional de Investigación Agroforestal incluyen: Manuales técnicos, Artículos ocasionales y la serie Arboles para el Cambio.

Publicado por el Centro Internacional de Investigación Agroforestal – América Latina
Av. La Molina 1895, La Molina,
Lima, Perú
Tel: +511 349 6017
Email: worldagroforestry@cgiar.org
Website: www.worlagroforestry.org
www.icrafamericalatina.org

© Centro Internacional de Investigación Agroforestal, 2018

Working Paper No. 280

Fotos/Ilustraciones: Jenny Ordoñez

Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan la opinión del Centro Internacional de Investigación Agroforestal.

Los artículos que aparecen en esta publicación pueden ser citados o reproducidos sin cargos, siempre y cuando la fuente sea reconocida.

Todas las imágenes presentadas, son de propiedad única de la fuente de las imágenes y no pueden ser utilizadas para ningún otro propósito sin el permiso escrito de la fuente de las imágenes.

Tabla de contenidos

Lista de figuras.....	iii
Lista de cuadros.....	iii
Acerca de los autores	iv
Resumen	v
Summary	v
Palabras clave.....	v
Agradecimientos	vi
Introducción.....	1
Proyecto Lempira Sur	1
El Sistema Quesungual	3
Zona de estudio.....	3
El ciclo de uso la tierra y manejo agronómico del cultivo de granos básicos bajo el Sistema Quesungual.....	3
Densidad, composición y diversidad arbórea en el sistema Quesungual.....	6
Beneficios del sistema Quesungual.....	12
Productos para consumo y venta.....	13
Impactos en la conservación y fertilidad de suelos	13
Impactos en los rendimientos de maíz y frijol	14
El Quesungual como una estrategia de adaptación al cambio climático	15
Conclusiones.....	16
Anexos	17
Anexo A. Lista completa de especies de árboles presentes en los tres estratos del sistema Quesungual y su frecuencia agregada para los tres estratos de árboles: arboles manejados, arboles podados y brinzales	17
Referencias	19

Lista de figuras

Figura 1. Ciclo de uso de la tierra (milpa) bajo el Sistema Quesungual.....	4
Figura 2. Calendario agrícola bajo el sistema Quesungual.....	5
Figura 3. Campos de maíz bajo el sistema Quesungual: A) después de la primera poda, antes de la siembra, donde se aprecian los árboles podados y B) campos ya establecidos donde se aprecian árboles manejados (para obtención de madera y fruta).	7
Figura 4. Gráficos de cajas que ilustran la variabilidad en A) riqueza (número de especies de árboles) por parcela y B) densidad de árboles estandarizado por ha	8
Figura 5. Percepción de los agricultores con respecto a los beneficios que derivan de los árboles en el Sistema Quesungual.....	12
Figura 6. Factores determinantes del rendimiento de maíz en un ciclo productivo en 29 campos bajo el manejo del sistema Quesungual.....	15

Lista de cuadros

Cuadro 1. Nombres locales de las variedades de maíz, frijol y maicillo que se siembran en la milpa (reportadas por los agricultores).	6
Cuadro 2. Lista de las 15 especies y familias más abundantes en cada componente de sombra del sistema Quesungual: árboles podados, árboles manejados y brinzales	10

Acerca de los autores

Jenny C. Ordoñez

Centro Internacional de Investigación Agroforestal (ICRAF) – América Latina, Email: jennyordonez@gmail.com

Investigadora Asociada del Centro Internacional para Investigación Agroforestal (ICRAF) en América Latina. Su trabajo se enfoca en el análisis de sistemas productivos para cuantificar el rol de los árboles en paisajes agrícolas para medios de vida y servicios ecosistémicos. En su trabajo ella integra principios de análisis de sistemas, ecología funcional, agronomía y conocimiento local con objetivos de desarrollo para optimizar el diseño y manejo de sistemas agroforestales.

Jon Hellin

Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). Email: j.hellin@cgiar.org

Investigador del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, donde se desempeña como especialista en pobreza y desarrollo de cadenas de valor. Ha desarrollado una amplia experiencia en América del Sur y América Central trabajando en medios de vida rurales, conservación de aguas y suelos e investigación en forestería tropical. Actualmente su investigación se enfoca en las limitaciones que pequeños agricultores tienen para insertarse en los mercados globales, incluyendo temas como la variación de precios, limitaciones para mantener oferta, calidad y continuidad de la producción, capacidad empresarial y el rol de los mercados orgánicos y de precio justo.

Resumen

El Sistema Quesungual nace de un proceso de aprendizaje compartido, donde tanto agricultores como personal técnico y agencias de desarrollo trabajaron juntos para desarrollar prácticas agroforestales que están mejor adaptadas a las condiciones locales y responden a las necesidades de sus usuarios. El Sistema Quesungual es una modificación de los sistemas de agricultura migratoria (milpa) donde no se quema para iniciar el ciclo de cultivo y se usa la biomasa generada durante la limpieza de los campos como cobertura de suelo. Los cultivos anuales se siembran asociados a un componente leñoso dividido en tres estratos: árboles podados, árboles manejados para madera y fruta, y brinzales (regeneración natural). El sistema Quesungual extiende el periodo de uso de la tierra, reduce los impactos de la agricultura sobre la erosión del suelo (particularmente en laderas), y mantiene suficiente vegetación arbórea para sustentar los procesos de regeneración natural. El Sistema Quesungual podría ser una opción prometedora para mantener una producción de granos básicos en las zonas secas de América Central

Summary

The Quesungual production system was the result of a shared learning process, where farmers, technicians and development agencies worked together to develop agroforestry and agricultural practices that were better adapted to their local conditions and respond to emerging needs of land users (e.g. respond to land scarcity and climate change). The Quesungual system is a modification of shifting cultivation systems (milpa), where contrary to these traditional systems, burning is not used after clearing secondary forests, and the biomass generated during the cleaning of the fields is used as a soil cover. Moreover, annual crops are planted associated with a woody component divided into three strata: pruned trees, trees managed for wood and fruit, and saplings (natural regeneration). The Quesungual system extends the period of land use, reduces the impacts of agriculture on soil erosion (particularly on hillsides), maintains soil fertility and maintains sufficient tree vegetation to sustain natural regeneration processes. The Quesungual System could be a promising option to maintain a production of basic grains in the dry areas of Central America.

Palabras clave

Quesungual, América Central, maíz, frijol, tumba y quema, rastrojo, agroforestería

Agradecimientos

Este trabajo resume los resultados de varios estudios llevados a cabo en Lempira Sur. Extendemos un agradecimiento muy particular a los agricultores y agricultoras que colaboraron con las encuestas y mediciones en fincas que hicieron posible la implementación de las investigaciones realizadas durante 2003. La compilación de información ha sido posible gracias al financiamiento de los programas CGIAR sobre Bosques, Árboles y Agroforestería (Jenny Ordoñez) y Cambio Climático Agricultura y Seguridad Alimentaria (Jon Hellin).

Introducción

Centroamérica es una región en riesgo ante el cambio climático, por una marcada tendencia a la sequía (Lobell et al 2008), donde los pequeños productores de maíz y cultivo de frijol son particularmente vulnerables (Magrin et al 2007). Estas tendencias se suman a la problemática ya existente en la región, donde los rendimientos de granos básicos son bajos ($1\text{-}2\text{ ton ha}^{-1}$) debido a suelos pobres y la degradación de la tierra. Considerando los impactos posibles del cambio climático sobre la producción agrícola y la productividad de Centroamérica, así como sus consecuencias en una región ya empobrecida, es urgente desarrollar estrategias de mitigación y de adaptación al cambio climático, que involucren a los agricultores para que las soluciones se ajusten a sus realidades. Dos décadas de trabajo en el manejo de la tierra en el departamento de Lempira, al occidente de Honduras, bajo los auspicios de su gobierno y de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés), nos dan algunas pautas sobre cómo avanzar. El resultado más concreto del trabajo en Lempira ha sido el surgimiento de un sistema agroforestal que combina las prácticas locales con conocimientos de manejo técnico, ahora conocido como el Sistema Quesungual¹. Este trabajo tiene como objetivo sintetizar el conocimiento ganado desde 1990, ofreciendo una descripción detallada de la estructura y manejo del sistema Quesungual, y mostrando la evidencia sobre sus beneficios para los agricultores y el ambiente.

Proyecto Lempira Sur

El Departamento de Lempira es una de las zonas más pobres y aisladas de Honduras que se encuentra sobre un terreno montañoso cerca de la frontera con El Salvador. A fines de la década de 1980, los pequeños agricultores que por tradición practicaban el sistema de tala y quema, contribuyeron a la aceleración de la degradación del suelo y de la tierra, lo que resultó en bajos rendimientos de los granos básicos (maíz, frijoles y sorgo), desnutrición severa y casi el 75% de la población comenzó a vivir por debajo del umbral de pobreza (FAO 2000). El Gobierno de Honduras con el apoyo técnico de la FAO y recursos financieros de los Países Bajos, implementó el Proyecto Lempira Sur (PLS) que centró sus actividades en un área de $2,178\text{ km}^2$ –correspondientes a cerca del 50% del total de la superficie del Departamento–, con una población objetivo cercana a los 130 mil habitantes entre 20 municipios.

El objetivo principal del PLS era mejorar la calidad de vida de la población rural, a través de la participación organizada de nuevas actividades económicas y sistemas agrícolas diversificados, con especial énfasis en el incremento del capital social y humano, mediante innovaciones institucionales. El PLS adoptó una perspectiva centrada en las personas como el núcleo de la identificación de sus necesidades y problemas a través de diagnósticos participativos y la creación de comités de desarrollo comunitario y bancos comunitarios que fueron cruciales para el aumento de la

¹ El nombre “Quesungual” corresponde al nombre de una de las comunidades de Lempira Sur en Honduras donde se observó y describió por primera vez este sistema de producción (Hellin et al 1999). En algunas regiones secas de Guatemala existen sistemas de granos “tapados” muy similares al Quesungual con nombres locales como “Kuxur Rum” (Posada 2012).

participación de las familias en las decisiones de sus comunidades. La primera prioridad identificada se dirigió a la seguridad alimentaria y los obstáculos que impedían alcanzar rendimientos más altos y estables. Las familias rurales junto con personal de apoyo de PLS reconocieron rápidamente la importancia de manejar mejor la tierra, concentrando su atención en el mejoramiento de un sistema agroforestal ya existente. Este sistema surgió como un proceso de co-aprendizaje en la comunidad, que combinaba los conocimientos locales sobre no quemar, tala y poda selectiva de árboles nativos y cobertura del suelo con la biomasa generada; con los conocimientos técnicos, como la fertilización localizada, variedades mejoradas de cultivos y la cero labranza/siembra directa (Ayarza et al 2010). De esta manera, el PLS se construyó sobre el conocimiento existente de los agricultores y trabajó con agricultores innovadores para desarrollar el Sistema Quesungual.

Uno de los requisitos para establecer este sistema es abandonar la práctica de la quema, lo que representaba un gran reto para las familias que no tenían suficiente mano de obra por la emigración de miembros de la familia (a menudo a Estados Unidos). Sin embargo, los bancos comunitarios impulsaron el abandono de la quema y la adopción del Sistema Quesungual porque otorgaban crédito sólo a los productores que no quemaran sus tierras, permitiéndoles tener acceso a insumos como fertilizantes y herbicidas que aminoran los requerimientos de mano de obra y posteriormente el crédito facilitó la intensificación del sistema de producción (Ruben and Clercx 2003). Estos incentivos junto a leyes nacionales y locales fomentaron un “orden moral” al prohibir el uso del fuego y proteger las tierras forestales comunes y las reservas de agua. Al mismo tiempo, innovaciones institucionales que fomentaron la comprensión de los agricultores sobre los procesos de manejo del suelo (mejora del capital humano), y los animaron a trabajar en colaboración (capital social mejorado), junto con el conocimiento y la información generada por extensionistas del PLS quienes trabajaron en estrecha colaboración con los agricultores innovadores, han sido los factores que determinaron el éxito en la adopción del Sistema Quesungual (Cherrett 2001). En la década de 1990 comenzó a extenderse el Sistema Quesungual en la zona, y en 1998 se hizo la primera descripción sistemática del sistema (Hellin et al 1999), y desde entonces una serie de estudios se han realizado para entender mejor el sistema y sus beneficios. Este trabajo tiene como objetivo sintetizar el conocimiento ganado a través de estos estudios, y experiencias, ofreciendo una descripción detallada de la estructura y manejo del sistema Quesungual, y mostrando la evidencia sobre sus beneficios para los agricultores y el ambiente. El Sistema Quesungual se sigue promoviendo en otros sitios a través de programas de aprendizaje entre campesinos, mostrando sus beneficios (Gamboa et al 2009) particularmente en las áreas donde la escasez de tierras ha obligado a los agricultores a intensificar la producción agrícola.

El Sistema Quesungual

Zona de estudio

Este estudio de caso se llevó a cabo en las municipalidades de Candelaria y Gualcince, ubicadas al sur-oeste de Honduras (Ordóñez, 2004). Esta zona está caracterizada por suelos pedregosos (Litosoles), de poca profundidad (roca o fragipanes “telpetate” a 20cm de profundidad) y poco drenaje en un paisaje con pendientes pronunciadas que pueden llegar hasta el 60%. La zona de vida corresponde a Bosque Húmedo subtropical, con temperaturas entre 17-25°C y precipitación de 1400-2200 mm por año con una estación seca bien marcada entre Diciembre a Abril (en algunos años una canícula entre Junio y Julio), (Hellin et al., 1999). Las fincas incluidas en este estudio se ubicaron entre 400-900 msnm, cubriendo casi en su totalidad el gradiente de altitud en que se practica el Sistema Quesungual para la producción de maíz, maicillo y frijoles en la zona (200-1000 msnm), (FAO, 2005).

La mayoría de los agricultores son pequeños productores, entre 0.35 a 5 ha y solo unos pocos sobrepasan este límite hasta las 18 ha. Estos productores cultivan principalmente maíz (*Zea mays*), maicillo (*Sorghum bicolor*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*) – que colectivamente se conocen como granos básicos-. Otros cultivos en la finca incluyen banano, café con sombra, caña de azúcar y frutales en patios para generación de ingresos y para el consumo familiar. La producción ganadera extensiva en las fincas con mayor cantidad de tierra.

El ciclo de uso la tierra y manejo agronómico del cultivo de granos básicos bajo el Sistema Quesungual

El Sistema Quesungual es una modificación de los sistemas de agricultura migratoria (milpa) donde la producción de cultivos anuales (maíz, maicillo, frijoles, calabazas) es parte de la dinámica de rotación entre bosques, tierras en descansos y tierras en producción que se maneja en los sistemas de tala y quema y son comunes en la región. En el caso del Sistema Quesungual las actividades de quema se han eliminado semejando los sistemas tradicionales de granos básicos “tapados” existentes en América Central (Thurston 1997), en donde no se quema y se usa la biomasa generada durante la limpieza de los campos como cobertura de suelo (Hellin et al 1999, Ayarza et al 2010). Los cultivos anuales se siembran asociados a un componente leñoso que puede dividirse en tres estratos: árboles podados, árboles manejados para madera y fruta, y brinzales (regeneración natural). La cobertura arbórea se usa para extender el periodo de uso de la tierra, reducir los impactos de la agricultura sobre la erosión del suelo (particularmente en laderas), y mantener suficiente vegetación arbórea para sustentar los procesos de regeneración cuando se regresa al periodo de “descanso”.

El ciclo de uso de suelo se inicia con la tala selectiva de los barbechos (bosques secundarios) y siembra de maicillo durante la época de postrera (Julio-Agosto). Durante esta etapa el agricultor decide que especies permanecerán como árboles manejados,

podados y la densidad de árboles a dejar; por lo que la densidad y composición del componente de sombra será una combinación de los requerimientos del agricultor y la abundancia natural de árboles en el barbecho. Después de la cosecha de maicillo y la descomposición de la materia orgánica en la época de verano se comienza con los ciclos anuales de cultivo de la milpa. En estos ciclos productivos anuales se mantienen las parcelas por 6-10 años alternando milpas con ciclos cortos de descanso (Figura 1). Luego de este periodo la parcela se deja en un barbecho de 5-15 años para empezar el ciclo nuevamente. Los periodos de barbecho dependen de la disponibilidad de tierra pero barbechos de más de 5 años son necesarios para que el agricultor pueda mantener sus fuentes de leña y exista una suficiente regeneración del componente leñoso.

Figura 1. Ciclo de uso de la tierra (milpa) bajo el Sistema Quesungual. El ciclo se inicia con la tala selectiva de los barbechos y siembra de maicillo durante la época de postrera. Al año siguiente se comienza con los ciclos de cultivo de la milpa (maíz-maicillo). En este ciclo productivo se mantienen las parcelas por 6-10 años (alternando con ciclos cortos de descanso o cultivo de frijoles). Luego de este periodo la parcela se deja en un barbecho de 5-15 años para empezar el ciclo nuevamente.

En los ciclos anuales de cultivo, la rotación de maíz y maicillo es bastante común y es de especial importancia para la cría de ganado y animales menores. Por un lado, porque los agricultores usan grano de maicillo como alimento para cerdos y/o pollos, y por otro lado porque los rastrojos se utilizan como forraje para el ganado en la época de verano. En el caso de los agricultores que no poseen ganado esta combinación de cultivos ofrece oportunidades de generar ingresos porque los residuos de cultivos pueden ser vendidos para el ganado de otras fincas durante el verano.

El ciclo de cultivo se inicia a finales de abril o principios de mayo con las lluvias (Figura 2), comenzando con la tala selectiva y poda de la mayoría de los árboles en los campos y picado de los residuos, que se dejan luego sobre el suelo. Después se aplican herbicidas y 3-4 días más tarde se siembra el maíz. La cantidad de herbicida utilizado en el Sistema Quesungual es aproximadamente la mitad del usado en el sistema de tala y quema (FAO 2005).

Figura 2. Calendario agrícola bajo el sistema Quesungual. El calendario muestra las practicas que se realizan en un año calendario y la duración de los ciclos de cultivo de maíz (verde claro) maicillo (amarillo claro), frijol (violeta), e intercultivos que se siembran con el maíz: legumbres que se consumen en vaina (pardo) y varios tipos de calabazas como ayotes y pipianes (naranja).

El período de poda y siembra es óptima hasta la tercera semana de mayo. La siembra de maíz se hace con “espeque” (un palo con punta o “chuzo” que se utiliza para hacer el agujero donde se colocan las semillas). Normalmente dos o tres semillas se plantan por hoyo, para evitar pérdidas por los pájaros, la falta de germinación, plantas débiles. Las distancias entre plantas varían de 0,5 a 1m entre plantas y 0,8 a 1 m entre hileras (densidad 30.000 y 60.000 plantas ha⁻¹). Las variedades de maíz utilizados son locales (Cuadro 1), pero también se utilizan híbridos comerciales. Ayotes (Cucurbitaceae) y algunos tipos de frijoles que se comen en vaina se mezclan con semillas de maíz y se siembran al mismo tiempo que el maíz.

Cuadro 1. Nombres locales de las variedades de maíz, frijol y maicillo que se siembran en la milpa (reportadas por los agricultores).

Cultivo	Nombres locales de las variedades.
Maíz	criollo, capulín, maíz blanco, olotillo, raque, liberal, cristiani burkard, dicta guayape, h3, h5, hb-104, planta baja
Frijol	arbolito, colorado, cuarentano negro, cuarentano rojo, negro, frijol rojo, lerdo rojo, liberal, seda, talete criollo, talete rojo, vaina blanca, segoviano, tio canela, danli, dorado,
Sorgo	criollo, piña, california, mano de piedra, blanco, lerdo, sapo, liberalillo, pelotón, borbón, maicillo de leche

Los frijoles en vaina se cosechan dos o tres meses después de la siembra y los ayotes cuatro meses después la siembra. El manejo agronómico incluye dos fertilizaciones minerales: formula N-P-K alrededor de 12 días y urea 30-40 días después de la siembra. Las dosis de fertilización son altamente variables de acuerdo a la percepción del agricultor sobre la fertilidad del suelo y la capacidad económica para comprar fertilizantes, pero son indispensables para la producción. El primer control de malezas se hace alrededor de un mes después de la siembra (antes de la fertilización nitrogenada), durante este deshierbe también se podan los troncones. Este es el momento también de la siembra del maicillo tapado, ya que la biomasa generada de la poda de troncones provee la cobertura necesaria para la siembra del maicillo. El segundo control de malezas se lleva a cabo para limpiar el campo para el maicillo, en septiembre, antes del inicio de la estación seca. En estos mismos meses se hace la dobla para dejar secar el grano para su cosecha final en diciembre. El maicillo se cosecha en Enero durante la época seca.

En general, los frijoles y el maíz se cultivan en campos separados ya que el tiempo requerido para cosechar maíz-maicillo seco se extiende al periodo de postrera. En el caso en que se coseche maíz en estado lechoso es posible tener rotación de maíz en primera y frijol en postrera. El frijol se siembra en áreas más reducidas que las parcelas donde se siembra maíz, y se siembra en dos estaciones “primera” y “postrera” pero no como rotación frijol-frijol en las misma parcela por problemas de enfermedades. En general se siembran variedades locales y unas pocas variedades mejoradas (Cuadro 1). Luego de la poda selectiva de árboles y cobertura del suelo se siembra el frijol. El frijol no se fertiliza y solo en algunos casos se aplican insecticidas para el control de babosa.

Densidad, composición y diversidad arbórea en el sistema Quesungual

El componente arbóreo del sistema tiene dos estratos que se manejan regularmente: Árboles manejados (madera y fruta donde solo se podan ramas) y tocones de árboles fuertemente podados (Kowal 2000), (Figura 3). Además se dejan plántulas de árboles que forman la regeneración natural que luego alimentara los otros dos estratos. Se considera que la combinación de árboles manejados, altas densidades de árboles podados, mantener la cobertura biomasa en el suelo constantemente (en lugar de quemarla) y la cero labranza son las características clave del sistema.

Los árboles podados (“troncones”), el principal componente leñoso (61% de todo los árboles), son especies que se manejan bajo un fuerte régimen de poda para generar una capa de biomasa que protege el suelo y provee materia orgánica. El diámetro de los árboles de poda puede variar entre 5 a 21 cm debido a la variación en edades de los árboles en los bosques secundarios que se transforman al Sistema Quesungual (Kowal 2000). Las especies que se transforman en troncones son aquellas de baja calidad de madera o tronco deforme, crecimiento lento, que dañan o compiten demasiado con el cultivo, difíciles de manejar (por ejemplo espinas) o que no tienen valor para el agricultor (por ejemplo, especies sin uso conocido o especies que el agricultor no conoce).

Figura 3. Campos de maíz bajo el sistema Quesungual: A) después de la primera poda, antes de la siembra, donde se aprecian los árboles podados y B) campos ya establecidos donde se aprecian árboles manejados (para obtención de madera y fruta). Fotos de Jenny Ordoñez.

En la fase inicial de tala selectiva, el tronco se corta completamente a 1.5 – 2 m de altura (Kowal 2000), se pican los residuos y se esparcen en el suelo, después, al inicio de cada ciclo de cultivo y durante el primer control de malezas, todas las ramillas y hojas que han crecido también se cortan dejando únicamente el tronco principal. Tal régimen de poda drástica se traduce en la reducción de la producción de biomasa y la muerte de varios troncones con el paso de los años (los troncones muertos se utilizan como leña). La reducción del número de árboles de poda (y por ende disponibilidad de leña) es uno de los criterios que los agricultores usan para decidir cuándo se tiene que dejar un campo bajo Sistema Quesungual en descanso.

Entre los 71 campos visitados las densidades de árboles podados variaron entre 141 - 2405 árboles ha^{-1} , con mayores producciones de maíz en campos con 600-800 troncones por ha (Ordonez 2004), (Figura 4), lo que coincide con (Kowal 2000) que reporta un densidad optima de entre 500 a 1000 troncones ha^{-1} . Los árboles podados pertenecieron a cerca de 57 especies de 32 familias, dominadas por la familia Fabaceae (23% Papilionoidae y 16% Caesalpinoideae 5% Mimosoideae, de las cuales varias especies son fijadoras de Nitrógeno), 14% Myrtaceae, 10% Boraginaceae y una alta

proporción (10%) son desconocidas (Cuadro 2). La riqueza de especies por parcela varió entre 4-18 especies.

Figura 4. Gráficos de cajas que ilustran la variabilidad en A) riqueza (número de especies de árboles) por parcela y B) densidad de árboles estandarizado por ha; separado por componente de sombra. Basado en datos de 71 campos bajo el sistema Quesungual en Lempira Sur.

Los árboles manejados, son especies que se dejan en el campo para la producción de madera, en algunos casos fruta y para dar sombra al ganado durante el verano. En estos árboles únicamente algunas ramas laterales se podan, durante la tala selectiva y subsecuentes ciclos de cultivo, más que nada para reducir la sombra al cultivo y mantener un tronco con buena forma (Barrance et al 2003). Los arboles manejados corresponden a especies de rápido crecimiento y buena calidad de madera para aserrío (como laurel y guachipilín), pero también existen arboles con madera de menor calidad que se usan para proveer postes, madera de construcción y leña. En algunos casos hay pocos árboles frutales (guayaba, nance, anonas, achiote, aguacate), Anexo 1.

Entre los 71 campos visitados las densidades de árboles manejados variaron entre 18 - 1503 árboles ha⁻¹, con mayores producciones de maíz en campos que tienen hasta 200 árboles ha⁻¹ (Ordóñez 2004), (Figura 4), a densidades de árboles más altas la producción de maíz declina. Los arboles manejados pertenecieron a cerca de 45 especies de 27 familias, dominadas por *Cordia alliodora* de la familia Boraginaceae (42.7%) Fabaceae (13% Papilionoidae 12% Caesalpinoideae, 4.3% Mimosoideae), 5.7% Myrtaceae y otras familias en menores proporciones (Cuadro 2). La riqueza de especies por parcela varió entre 1-13 especies.

Los brinzales y arbolitos jóvenes vienen en su gran mayoría de regeneración natural y unos pocos arboles maderables plantados. Los árboles que se dejan y protegen en el campo son, más que nada, especies maderables (laurel, guachipilín, caoba). Los arbolitos reciben únicamente poda de ramas laterales para formar fuste, no se someten a la poda drástica de los arboles podados. Las especies con espinas, poco valor o

beneficio para el agricultor o con efectos negativos al maíz se eliminan. Sin embargo varias de estas especies (*Bauhinia* sp. *Poeppigia* sp) sobreviven gracias a su reproducción prolífica y la capacidad de crecimiento vegetativo y rebrote de tocones y raíces que normalmente no se remueven con la poda aérea.

Cuadro 2. Lista de las 15 especies y familias más abundantes en cada componente de sombra del sistema Quesungual: arboles podados, arboles manejados y brinzales. Las especies están organizadas por familia en orden descendente de acuerdo a su frecuencia. Para las familias que tenían más de una especie en el sistema, se han agregado las frecuencias de las especies para toda la familia. También se indican las frecuencias por especie y el nombre común que utilizan los agricultores en Lempira, para las especies más abundantes. Los datos corresponden a inventarios de árboles en 71 campos, estudiados entre Junio y Septiembre del 2003 en el sur de Lempira.

Familia	Frecuencia por familia			Nombre científico	Nombre común en las comunidades de estudio	Frecuencia por especie (15 más abundantes por tipo de componente)		
	arboles manejados	brinzales	arboles podados			arboles podados	Arboles manejados	brinzales
Boraginaceae	42.7%	47.8%	10.0%	<i>Cordia alliodora</i>	Laurel	8.6%	42.6%	47.8%
				otras especies (1)		1.3%	0.1%	0.0%
Fabaceae Papilionoidea	12.8%	12.5%	22.6%	<i>Lonchocarpus sp.</i>	Chaperno/ Cincho/ Cangrejillo/ Iguanillo	13.8%	2.9%	3.4%
				<i>Diphysa robinoides</i>	Guachipilin	4.2%	8.4%	3.9%
				<i>Gliricidia sepium</i>	Madreado/ cacao de nance/ palo negro	3.6%	0.7%	1.9%
				<i>Andira inermis</i>	Almendro	0.3%	0.4%	3.1%
				otras especies (4)		0.7%	0.4%	0.2%
Fabaceae Caesalpinioideae	12.1%	15.3%	15.6%	<i>Bahuina sp.</i>	Pie de venado	13.5%	7.2%	10.3%
				<i>Poeppigia procera</i>	Silimera	0.2%	3.4%	3.8%
				<i>Hymenaea courbaril</i>	Copinol/Guapinol	0.8%	1.0%	0.6%
				otras especies (2)		1.1%	0.5%	0.6%
Fabaceae Mimosoideae	4.3%	2.9%	4.8%	<i>Leucaena spp.</i>	Frijolillo	2.1%	0.8%	1.4%
				<i>Lysiloma sp.</i>	Quebracho	1.5%	1.4%	0.4%
				otras especies (5)		1.3%	2.1%	1.1%
Myrtaceae	5.7%	3.5%	13.7%	<i>Psidium guajava</i>	Guayaba	9.0%	3.0%	1.7%
				<i>Psidium sartorianum</i>	Guayabillo	4.7%	2.7%	1.8%
Meliaceae	3.9%	6.4%	1.7%	<i>Swietenia sp.</i>	Caoba	1.4%	3.4%	6.1%
				otras especies (1)		0.3%	0.4%	0.3%
Sterculioide				<i>Guazuma ulmifolia</i>	Caulote, Guacimo	3.4%	0.8%	0.8%
Euphorbiaceae	4.3%	0.9%	1.1%	<i>Jatropha curcas</i>	Yupur	1.0%	4.3%	0.9%
				otras especies (1)		0.1%	0.0%	0.0%
Cecropiaceae				<i>Cecropia peltata</i>	Guarumo	2.3%	0.7%	0.2%
Dilleniaceae				<i>Curatella americana</i>	Chaparro/ Lengua de Vaca	2.2%	0.1%	0.0%

Cuadro 3. Continuación.

Familia	Frecuencia por familia			Nombre científico	Nombre común en las comunidades de estudio	Frecuencia por especie (15 más abundantes por tipo de componente)		
	arboles manejados	brinzales	arboles podados			arboles podados	Arboles manejados	brinzales
Rubiaceae				<i>Genipa americana</i>	Jagua	1.5%	0.8%	0.2%
Tiliaceae	0.2%	1.6%	1.3%	<i>Luehea seemani</i>	Hoja blanca	1.3%	0.2%	1.1%
				<i>otras especies (1)</i>		0.0%	0.0%	0.5%
Ulmaceae				<i>Trema micrantha</i>	Capulin	0.7%	0.6%	2.1%
Malphigiaceae				<i>Byrsonima crassifolia</i>	Nance	0.8%	1.4%	0.8%
Simaroubaceae				<i>Simarouba glauca</i>	Aceituno	0.1%	3.0%	0.3%
Otras familias (16)				<i>Otras especies (19)</i>		8.5%	3.4%	2.5%
no identificada				no identificadas	otros arboles	9.6%	3.2%	2.1%

De los 71 campos visitados, 64 tenían arbolitos jóvenes con densidades que variaron entre 1 - 866 árboles ha⁻¹. Los brinzales incluyen cerca de 57 especies de 25 familias, dominadas por *Cordia alliodora* de la familia Boraginaceae (48%), Fabaceae (15% Papilionoidae 12% Caesalpinoideae, 3% Mimosoideae), Meliaceae (6%), Myrtaceae (3.5%) y otras familias en menores proporciones (Cuadro 2). La riqueza de especies por parcela varió entre 1-13 especies.

Beneficios del sistema Quesungual

Los beneficios directos e indirectos que los agricultores reciben del sistema han sido la motivación para dejar los árboles en sus campos. Los principales beneficios directos a los hogares mencionados, incluyen la madera, leña y los postes principalmente para autoconsumo (muy poco para la venta, Figura 5). Entre los beneficios indirectos se mencionaron principalmente la producción de biomasa para cubrir al suelo, y como abono orgánico. Los efectos de la cobertura se reflejan en la mejora de la calidad del suelo (tierra más suave), protección del suelo de la lluvia, erosión reducida y una mayor capacidad del suelo para conservar humedad. La adición de materia orgánica también se consideraba clave para incrementar la fertilidad del suelo y en algunos casos incluso se mencionó que se necesitaba menos fertilizante. La sombra de los árboles fue considerada una característica positiva porque mantiene un clima fresco y aire puro, ofreciendo mejores condiciones para las personas que trabajan en el campo, y para el ganado, especialmente durante la época seca. En pocos casos se mencionó la sombra como un efecto negativo, más que nada para la producción de maíz. Otros beneficios de los árboles incluyen protección contra el viento, el apoyo en el campo en pendientes muy empinadas y el rápido crecimiento de bosque secundario cuando la tierra se deja en barbecho.

Figura 5. Percepción de los agricultores con respecto a los beneficios que derivan de los árboles en el Sistema Quesungual. Los beneficios han sido organizados en 4 grupos: Productos para consumo y venta (barras pardo); sombra y sus impactos (barras celeste); producción de biomasa como abono y cobertura y sus impactos en suelo (barras verdes) y otros servicios varios (barras naranja). Las barras representan el número de agricultores que mencionaron el beneficio, entre 62 agricultores. En varios casos los agricultores mencionaron más de un beneficio.

Productos para consumo y venta

Uno de los principales beneficios del sistema Quesungual reconocido por los agricultores es la disponibilidad de madera, leña y postes (FAO 2005, Pauli et al 2012), ambos recursos son clave para la construcción de viviendas (leña), cercas y herramientas de finca y para cocinar dado el amplio uso de cocinas de leña. Para madera los agricultores prefieren árboles de rápido crecimiento con un fuste recto (Pauli et al 2012), aunque otros árboles de lento crecimiento como el Guachipilin (*Diphysa robinoides*), también son muy apreciados por su madera de buena calidad (Ordóñez 2004). La importancia de los árboles maderables es evidente en la composición del componente de sombra, ya que los árboles más abundantes en los árboles manejados y la regeneración natural incluyen: Laurel (*Cordia alliodora*), Guachipilin (*Diphysa robinoides*), Silimera (*Poeppigia procera*) y Caoba (*Swietenia macrophylla*, *S. humilis*), Cuadro 2. Otras especies muy abundantes en la sombra, particularmente para árboles podados, del género *Bauhinia* (*pie de venado*) y *Lonchocarpus* (Chaperno/ Cincho/ Cangrejillo/ Iguanillo) se usan principalmente como leña. Los árboles frutales no son comunes en la sombra del Quesungual, y los frutales presentes están restringidos a especies como la guayaba (*Psidium guajava*), y el nance (*Byrsonima crassifolia*) que son árboles muy comunes de la regeneración natural en la región.

Impactos en la conservación y fertilidad de suelos

La zona donde se han realizado la mayoría de los estudios sobre el Quesungual está caracterizada por suelos poco profundos y de baja fertilidad. Debido a estas características no es sorprendente que los agricultores hayan reportado, como un problema, la corta duración de los ciclos de cultivo bajo los sistemas de tala y quema (máximo 2 años) debido a la pérdida de la capa fértil del suelo después de las lluvias, dejando suelos compactados como cemento y de bajísima fertilidad (Pauli et al 2012). Efectivamente en estudios realizados por CIAT en la zona de Lempira Sur se ha demostrado la reducción de erosión del suelo bajo el sistema Quesungual, hasta 3 veces menos que bajo tala y quema particularmente en los primeros años de cultivo (CIAT. 2009). Las podas continuas de los árboles bajo el sistema Quesungual mantiene una cobertura continua del suelo, que los agricultores reconocen como un beneficio directo como protección del suelo a más de los efectos en mantener la fertilidad y la humedad del suelo (Figura 5). Los estudios que se han realizado con respecto a los impactos del Quesungual en la fertilidad del suelo no han mostrado diferencias significativas del Quesungual con el sistema de tala y quema o el bosque secundario en relación a las fuentes totales de Nitrógeno, Fósforo o la cantidad total de materia orgánica en el suelo, muy posiblemente porque cambios en estas fuentes de nutrientes toman largos periodos. Sin embargo si se han encontrado diferencias en la mineralización de Nitrógeno en Quesunguales de más de 10 años, similares a las de bosques secundarios (no en Quesunguales con pocos años de implementación), (CIAT. 2009, Castro et al 2010); así como se ha encontrado que el efecto de la fertilización fosforada es mayor en campos bajo el Quesungual donde la disponibilidad de Fósforo incrementa entre 2 a 5 veces más que en los campos bajo tala y quema con regímenes similares de fertilización (Fonte et al 2010). Respecto al almacenamiento y disponibilidad de agua en el suelo, otro beneficio reconocido por los agricultores, se ha encontrado una mayor infiltración,

menor escorrentía bajo el sistema Quesungual en comparación con el sistema de tala y quema en experimentos de simulación de lluvia (Pavon et al 2010), así como mayor contenido de humedad en el suelo, particularmente en Quesunguales >10 años (CIAT. 2009). Aunque en Ordonez 2004 los agricultores no hicieron menciones específicas sobre la macrofauna del suelo, otros estudios han mostrado que el sistema Quesungual reduce los impactos negativos de la transformación de bosques secundarios a la agricultura ya que mantiene una mayor abundancia y diversidad de macrofauna del suelo comparada a los sistemas de cultivo sin sombra. Por ejemplo se ha encontrado una mayor abundancia (Rousseau et al 2012) y biomasa (Pauli et al 2011) de macro-invertebrados bajo el sistema Quesungual incluso comparada con bosque secundario. Este patrón parece ser más común en Quesunguales <2 años, donde la biomasa de macro-invertebrados está dominada por lombrices. Con el paso de los años, la densidad y biomasa de macro-invertebrados en el Quesungual baja a niveles comparables a los del bosque secundario y la composición de la fauna del suelo también es similar a la del bosque secundario (Pauli et al 2011). La macro-fauna del suelo es de particular importancia para regular la descomposición de materia orgánica y mejorar propiedades físicas del suelo, por ejemplo con suelos menos compactos y fáciles de trabajar (Fonte et al 2010).

Impactos en los rendimientos de maíz y frijol

El abandono de la quema junto con mejores prácticas de conservación de suelos y mejor manejo agronómico han sido la base para el incremento de la producción en la zona de Lempira. Se reporta que en un periodo de 10 años de intervención los rendimientos de maíz duplicaron (incrementos en promedio 121%), desde 19 quintales por manzana (1234 kg ha^{-1}) - a 42 quintales por manzana (3506 kg ha^{-1}) y los de frijol en promedio triplicaron su producción desde 4 quintales por manzana (260 kg ha^{-1}) - a 12 quintales por manzana (779 kg ha^{-1}) (FAO 2005).

A corto plazo (1 año de cultivo), en la zona de estudio se observó que la producción de maíz estaba fuertemente determinada por la altitud (mayor producción en zonas bajas), seguida de la fertilización fosforada -ya que los suelos son particularmente pobres en fósforo- y finalmente la densidad de árboles maderables donde densidades mayores a 200 árboles por ha tienen un impacto negativo en la producción de maíz (Ordonez 2004), Figura 6. Otras variables como la densidad de árboles podados, la cobertura y cantidad de hojarasca no estuvieron relacionadas a la producción durante el año de estudio, muy probablemente porque sus efectos se observan a largo plazo en el cambio de las condiciones de suelo.

Figura 6. Factores determinantes del rendimiento de maíz en un ciclo productivo en 29 campos bajo el manejo del sistema Quesungual. Las variables se indican en orden de importancia: Altitud, Fertilización fosforada, densidad de árboles manejados. También se indica la relación entre los rendimientos de maíz y los árboles manejados donde la relación no es significativa, pero muestra una tendencia de rendimientos más altos a densidades intermedias.

El Quesungual como una estrategia de adaptación al cambio climático

La mejora en las propiedades del suelo y su mayor capacidad para captar, retener y liberar poco a poco el agua, forman parte de la adaptación al cambio climático ante las disminuciones previstas en las precipitaciones. Un gran avance en la adopción del sistema agroforestal se produjo en 1997, cuando una sequía asociada con El Niño azotó la zona; los cultivos bajo este sistema resistieron, mientras que los agricultores que no lo habían adoptado sufrieron pérdidas en sus cosechas (Welchez and Cherrett 2002). Asimismo, hay pruebas de que, aparte de una mayor tolerancia a la sequía, el Sistema Quesungual puede resistir las lluvias muy intensas; por ejemplo, durante el huracán

Mitch en 1998, los agricultores que practicaban el Sistema Quesungual sufrieron menos derrumbes en sus tierras que aquéllos que utilizaban la roza y quema (Holt-Giménez 2002); esto se puede atribuir a un mejoramiento en la capacidad de infiltración del suelo y drenaje del agua protegiéndolo así de la acción erosiva de la lluvia.

Esta capacidad del Sistema Quesungual para proteger el suelo, incluso bajo la influencia de eventos extremos y de soportar sequía severa, es alentadora porque sugiere que estas prácticas agroforestales pueden ser aún más relevantes en la medida que Centroamérica sufra sequías en las próximas décadas (Gamboa et al 2009).

Conclusiones

El Sistema Quesungual nace de un proceso de aprendizaje compartido, donde tanto agricultores como personal técnico y agencias de desarrollo trabajaron juntos para desarrollar prácticas agroforestales que están mejor adaptadas a las condiciones locales y responden a las necesidades de sus usuarios. Este proceso ha sido posible gracias a la participación de agricultores innovadores, técnicos que desean escuchar e incorporar saberes locales, fortalecimiento de capacidades humanas y sociales y el establecimiento de mecanismos de mercado que permiten a los agricultores tener acceso a insumos. Todo este conjunto de iniciativas se tradujeron en un cambio institucional, social y técnico en Lempira, reflejadas en el abandono de prácticas tradicionales poco sustentables como la quema para ser reemplazadas por un sistema más sostenible. El Sistema Quesungual es uno de los pocos sistemas agroforestales que combinan producción de árboles con granos básicos, donde se puede asegurar la producción de maíz, frijol, sorgo y otros productos como leña, madera, y en algunos casos fruta, también esenciales para la familia. El Sistema Quesungual ofrece algunas oportunidades para conservar la diversidad arbórea particularmente de especies con usos prácticos para el agricultor (biomasa, madera, leña), lo que es evidente al ver la composición de los árboles en los diferentes estratos de sombra. El estrato de árboles podados que proveen biomasa está dominado por especies de la familia Fabacea que incluye especies que tienen capacidad de fijar nitrógeno atmosférico. Los arboles manejados y los brinzales están dominados por especies maderables.

Lo más importante de esta nueva manera de producir es que ofrece oportunidades para promover una producción sostenible en zonas de ladera, donde las condiciones existentes para la producción de granos básicos normalmente están asociadas con la degradación de los recursos naturales. Bajo las condiciones actuales, así como las que se esperan a futuro en zonas de laderas con una creciente población y los impactos negativos que se esperan del cambio climático en la región, el Sistema Quesungual (siguiendo un proceso similar al que ocurrió en Lempira Sur) podría ser una opción prometedora para mantener una producción de granos básicos en las zonas secas de América Central.

Anexos

Anexo A. Lista completa de especies de árboles presentes en los tres estratos del sistema Quesungual y su frecuencia agregada para los tres estratos de árboles: arboles manejados, arboles podados y brinzales

Nombre común	Nombre Científico	Frecuencia total 3 estratos	Grado identificación
Laurel	<i>Cordia alliodora</i>	22.4%	***
Pie de venado	<i>Bahuina sp.</i>	11.6%	***
Chaperno/Cincho/Cangrejillo/Iguanillo	<i>Lonchocarpus sp.</i>	9.7%	***
Guayaba	<i>Psidium guajava</i>	6.5%	***
Guachipilin	<i>Diphysa robinoides</i>	5.0%	***
Guayabillo	<i>Psidium sartorianum</i>	3.8%	***
Madreado/cacao de nance/palo negro	<i>Gliricidia sepium</i>	2.7%	***
Caoba	<i>Swietenia sp.</i>	2.6%	***
Caulote, Guacimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	2.4%	***
Frijolillo	<i>Leucaena spp.</i>	1.7%	+
Yupur	<i>Jatropha curcas</i>	1.7%	***
Guarumo	<i>Cecropia peltata</i>	1.6%	***
Silimera	<i>Poeppigia procera</i>	1.5%	***
Chaparro/Lengua de Vaca	<i>Curatella americana</i>	1.4%	***
Quebracho	<i>Lysiloma sp.</i>	1.3%	***
Jagua	<i>Genipa americana</i>	1.2%	***
Hoja blanca	<i>Luehea seemani</i>	1.0%	***
Capulin	<i>Trema micrantha</i>	0.9%	+
Nance	<i>Byrsonima crassifolia</i>	0.9%	***
Manure	<i>Cordia panamensis</i>	0.8%	+
Copinol/Guapinol	<i>Hymenaea courbaril</i>	0.8%	***
Almendro	<i>Andira inermis</i>	0.8%	+
Aceituno	<i>Simarouba glauca</i>	0.8%	***
Sirin	<i>Miconia sp.</i>	0.7%	***
Limoncillo	<i>Xylosma chloranthum</i>	0.7%	+
Cachito/Iscanal	<i>Acacia daemii</i>	0.7%	***
Cojon	<i>Stemmadenia sp</i>	0.6%	+
Pepenance	<i>Ximenia americana</i>	0.5%	+
Macuelizo	<i>Tabebuia rosea</i>	0.5%	***
Varajillo	<i>Senna, Cassia sp.</i>	0.5%	***
Jobo/Jocote/Pitarrillo	<i>Spondias sp.</i>	0.4%	+
Indio desnudo/Jiote	<i>Bursera simaruba</i>	0.4%	***
Zorillo	<i>Thouinidium decandrum</i>	0.4%	***
Carao	<i>Cassia grandis</i>	0.4%	***
Guanacaste	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	0.3%	***
Malacara/Sicahuite	<i>Acacia polyphylla</i>	0.3%	+
Cedro	<i>Cedrela sp.</i>	0.3%	+
Trompillo	<i>Ternstroemia oocarpa</i>	0.3%	+

Nombre común	Nombre Científico	Frecuencia total 3 estratos	Grado identificación
Con	<i>Rehdera sp./Karwinskia calderonii</i>	0.3%	***
Vaina espada	<i>Machaerium biovulatum</i>	0.3%	+
Pacun	<i>Sapindus saponaria</i>	0.3%	+
Huesito	<i>Cupania sp</i>	0.2%	+
Anona	<i>Annona sp</i>	0.2%	+
Chichipate	<i>Acosmium panamense</i>	0.2%	+
Suncuya	<i>Annona purpurea</i>	0.2%	***
Aguacate	<i>Persea sp.</i>	0.2%	***
Cuaja tinta	<i>Minquartia guianensis</i>	0.1%	+
Barrenillo	<i>Mortoniendrum sp.</i>	0.1%	+
Ron Ron	<i>Dalbergia tucurensis</i>	0.1%	+
Pepeto	<i>Inga sp</i>	0.1%	+
Achiote	<i>Bixa orellana</i>	0.1%	***
Mano de León	<i>Dendropanax arboreus</i>	0.1%	+
Pimientillo	<i>Phyllanthus acuminatus</i>	0.1%	+
Sirin de Pava	<i>Cespedesia macrophylla</i>	0.1%	+
Palanco	<i>Lonchocarpus phaseolifolius</i>	0.1%	+
Barba de Jolote	<i>Cojoba arborea</i>	0.0%	+
otros arboles	no identificados	7.0%	

*** Nombre científico, identificadas por botánicos ESNACIFOR

+ Nombre científico derivado de fuentes secundarias

Referencias

- Ayarza M, Huber-Sannwald E, Herrick JE, Reynolds JF, Garcia-Barrios L, Welchez LA, et al. 2010. Changing human-ecological relationships and drivers using the Quesungual agroforestry system in western Honduras. *Renewable Agriculture and Food Systems*, **25**:219-227.
- Barrance AJ, Flores L, Padilla E, Gordon JE, Schreckenberg K. 2003. Trees and farming in the dry zone of southern Honduras I: campesino tree husbandry practices. *Agroforestry Systems*, **59**:97-106.
- Castro A, Menjivar JC, Barrios E, Asakawa N, Borrero G, García E, et al. 2010. Dinámica del nitrógeno y el fósforo del suelo bajo tres sistemas de uso de la tierra en laderas de Honduras (Dynamics of soil nitrogen and phosphorus in three land use systems on hillsides of Honduras). *Acta Agronómica*, **59**:410-419.
- Cherrett I. 2001. Decentralization, rural poverty and degradation of uplands in Central America. *Mountain Research and Development*, **21**:221-225.
- CIAT. 2009. Quesungual slash and mulch agroforestry system (QSMAS): Improving crop water productivity, food security and resource quality in the sub-humid tropics - CPWF Project Report - Project number 15. International Center for Tropical Agriculture (CIAT), Cali, Colombia.
- FAO. 2000. Honduras: People's participation brings food security. FOCUS on the issues: A rural development success story. <http://www.fao.org/FOCUS/E/honduras/story-e.htm>.
- FAO. 2005. El Sistema Agroforestal Quesungual: Una opción para el manejo de suelos en zonas secas de ladera. Page 50 in Sistema de Extension Lempira, editor. <http://www.fao.org/3/a-at763s.pdf>. FAO, Honduras.
- Fonte SJ, Barrios E, Six J. 2010. Earthworms, soil fertility and aggregate-associated soil organic matter dynamics in the Quesungual agroforestry system. *Geoderma*, **155**:320-328.
- Gamboa H, Gómez W, Ibrahim M. 2009. Sistema agroforestal Quesungual: una buena práctica de adaptación al cambio climático. Page 292 in Sepúlveda CJ, Ibrahim M, editors. Políticas y sistemas de incentivos para el fomento y adopción de buenas prácticas agrícolas como una medida de adaptación al cambio climático en América Central. Serie técnica, Informe técnico No. 377. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Hellin J, William LA, Cherrett I. 1999. The Quesungual System: an indigenous agroforestry system from western Honduras. *Agroforestry Systems*, **46**:229-237.
- Holt-Giménez E. 2002. Measuring farmers' agroecological resistance after Hurricane Mitch in Nicaragua: a case study in participatory, sustainable land management impact monitoring. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, **93**:87-105.
- Kowal TM. 2000. Estudio sobre Establecimiento, Adopción, Manejo y Limitaciones del Sistema Agroforestal Quesungual en Lempira Sur, Honduras. Internal Report Project FAO. Sta. Rosa, Honduras.
- Lobell DB, Burke MB, Tebaldi C, Mastrandrea MD, Falcon WP, Naylor RL. 2008. Prioritizing climate change adaptation needs for food security in 2030. *Science* **319**:607-610.
- Magrin G, Gay García C, Cruz Choque D, Giménez JCAR, Moreno ARGJ, Nagy GJ, et al. 2007. Latin America. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II in Parry ML, Canziani OF,

- Palutikof JP, van der Linden PJ, Hanson CE, editors. Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Ordonez JC. 2004. Main factors influencing maize production in the Quesungual agroforestry system in Southern Honduras: An exploratory study. MSc Thesis. Wageningen University, Wageningen.
- Pauli N, Barrios E, Conacher AJ, Oberthür T. 2011. Soil macrofauna in agricultural landscapes dominated by the Quesungual Slash-and-Mulch Agroforestry System, western Honduras. *Applied Soil Ecology*, **47**:119-132.
- Pauli N, Barrios E, Conacher AJ, Oberthür T. 2012. Farmer knowledge of the relationships among soil macrofauna, soil quality and tree species in a smallholder agroforestry system of western Honduras. *Geoderma*, **189-190**:186-198.
- Pavon JC, Madero E, Amezquita E. 2010. Susceptibilidad del suelo a la degradación en parcelas con manejo agroforestal Quesungual en Nicaragua. *Acta Agronómica*, **59**:46-54.
- Posada KE. 2012. Impacto del Sistema Agroforestal Kuxur Rum en la sostenibilidad de los medios de vida de las familias rurales en Camotán y Jocotán, Guatemala. Centro Agronómico Tropical De Investigación Y Enseñanza, Turrialba.
- Rousseau GX, Deheuvels O, Rodriguez Arias I, Somarriba E. 2012. Indicating soil quality in cacao-based agroforestry systems and old-growth forests: the potential of soil macrofauna assemblage. *Ecological Indicators*, **23**:535-543.
- Ruben R, Clercx L. 2003. Rural finance, poverty alleviation, and sustainable land use: the role of credit for the adoption of agroforestry systems in Occidental Honduras. *Journal of Microfinance/ESR Review*, **5**: Article 5.
- Thurston HD. 1997. Slash/mulch systems: sustainable methods for tropical agriculture. Boulder, CO: Westview Press.
- Welchez LA, Cherrett I. 2002. The Quesungual system in Honduras: An alternative to slash-and-burn. LEISA Magazine on Low External Input and Sustainable Agriculture. ILEIA, Leusden, The Netherlands.

Working Paper series

2017

258. The effectiveness of the volunteer farmer trainer approach vis-à-vis other information sources in dissemination of livestock feed technologies in Uganda. <http://dx.doi.org/10.5716/WP17104.PDF>
259. Agroforestry and forestry in Sulawesi series: Impact of agricultural-extension booklets on community livelihoods in South and Southeast Sulawesi. <http://dx.doi.org/10.5716/WP17125.PDF>
260. Petani Menjadi Penyuluh, Mungkinkah? Sebuah Pendekatan Penyuluhan dari Petani ke Petani di Kabupaten Sumb Timur. <http://dx.doi.org/10.5716/WP17145.PDF>
261. Dampak Perubahan Tutupan Lahan terhadap Kondisi Hidrologi di Das Buol, Kabupaten Buol, Sulawesi Tengah: Simulasi dengan Model Genriver <http://dx.doi.org/10.5716/WP17146.PDF>
262. Analisis Tapak Mata Air Umbulan, Pasuruan, Jawa Timur. Kajian elemen biofisik dan persepsi masyarakat. <http://dx.doi.org/10.5716/WP17147.PDF>
263. Planned comparisons demystified. <http://dx.doi.org/10.5716/WP17354.PDF>
264. Soil health decision support for NERC digital soil platforms: A survey report. <http://dx.doi.org/10.5716/WP17355.PDF>
265. Seri Pembangunan Ekonomi Pedesaan Indonesia: Menanam di bukit gundul: Pengetahuan masyarakat lokal dalam upaya restorasi lahan di Sumba Timur. <http://dx.doi.org/10.5716/WP17356.PDF>
266. Tree diversity and carbon stock in three districts of Kutai Timur, Pasir and Berau, East Kalimantan. <http://dx.doi.org/10.5716/WP17357.PDF>
267. Tree diversity and carbon stock in various land use systems of Banyuasin and Musi Banyuasin Districts, South Sumatera. <http://dx.doi.org/10.5716/WP17358.PDF>
268. Tree diversity and carbon stock in various land cover systems of Jayapura, Jayawijaya and Merauke Districts, Papua Province. <http://dx.doi.org/10.5716/WP17359.PDF>
269. Modelling tree production based on farmers' knowledge: case for kapok (Ceiba pentandra) and candlenut (Aleurites mollucana) under various agroforestry scenarios. <http://dx.doi.org/10.5716/WP17361.PDF>
270. The impact of land cover and climate change on present and future watershed conditions. Case study: Tugasan, Alanib and Kulasihan Sub-watershed of Manupali Watershed, Lantapan, Bukidnon, Philippines. <http://dx.doi.org/10.5716/WP17362.PDF>
271. Tree diversity and above-ground carbon stock estimation in various land use systems in Banjarnegara, Banyumas and Purbalingga, Central Java. <http://dx.doi.org/10.5716/WP17363.PDF>
272. Agroforestry and Forestry in Sulawesi series: Landscape Management Strategies in Sulawesi: Review of Intervention Options. <http://dx.doi.org/10.5716/WP17364.PDF>
273. Household food security and nutritional status of women and children in Buol Regency, Central Sulawesi, Indonesia. <http://dx.doi.org/10.5716/WP17365.PDF>
274. Palm oil expansion in tropical forest margins or sustainability of production? Focal issues of regulations and private standards. <http://dx.doi.org/10.5716/WP17366.PDF>

2018

275. Decision analysis methods guide: Agricultural policy for nutrition <http://dx.doi.org/10.5716/WP18001.PDF>
276. Supporting human nutrition in Africa through the integration of new and orphan crops into food systems: Placing the work of the African Orphan Crops Consortium in context. <http://dx.doi.org/10.5716/WP18003.PDF>
277. Seri Pembangunan Ekonomi Pedesaan Indonesia. Pilihan Manajemen Budidaya Kacang Tanah sebagai Upaya untuk Memperbaiki Penghidupan Masyarakat Haharu. <http://dx.doi.org/10.5716/WP18004.PDF>
278. Estudio de línea de base CCAFS a nivel de hogar en Nicaragua y Costa Rica Fase de diagnóstico del estudio: "Contribución de la diversidad arbórea a los medios de vida para la adaptación y la mitigación al cambio climático. <http://dx.doi.org/10.5716/WP18005.PDF>
279. Understanding tree cover transition, drivers and stakeholder perspectives for effective landscape governance. A case study in Na Nhan commune, Dien Bien province, Vietnam. <http://dx.doi.org/10.5716/WP18006.PDF>

The World Agroforestry Centre is a centre of scientific excellence that harnesses the benefits of trees for people and the environment. Leveraging the world's largest repository of agroforestry science and information, it develops knowledge practices for farmers' fields through to the global sphere to ensure food security and environmental stability.

The Centre's vision is an equitable world where all people have viable livelihoods supported by healthy and productive landscapes. Its mission is to harness the multiple benefits trees provide for agriculture, livelihoods, resilience and the future of our planet, from farmers' fields through to continental scales.

United Nations Avenue, Gigiri • PO Box 30677 • Nairobi, 00100 • Kenya

Telephone: +254 20 7224000 or via USA +1 650 833 6645

Fax: +254 20 7224001 or via USA +1 650 833 6646

Email: worldagroforestry@cgiar.org • www.worldagroforestry.org