



Sustento del uso justo
de Materiales Protegidos
derechos de autor para
fines educativos



UCI

Universidad para la
Cooperación Internacional

UCI
Sustento del uso justo de materiales protegidos por
derechos de autor para fines educativos

El siguiente material ha sido reproducido, con fines estrictamente didácticos e ilustrativos de los temas en cuestión, se utilizan en el campus virtual de la Universidad para la Cooperación Internacional – UCI – para ser usados exclusivamente para la función docente y el estudio privado de los estudiantes pertenecientes a los programas académicos.

La UCI desea dejar constancia de su estricto respeto a las legislaciones relacionadas con la propiedad intelectual. Todo material digital disponible para un curso y sus estudiantes tiene fines educativos y de investigación. No media en el uso de estos materiales fines de lucro, se entiende como casos especiales para fines educativos a distancia y en lugares donde no atenta contra la normal explotación de la obra y no afecta los intereses legítimos de ningún actor.

La UCI hace un USO JUSTO del material, sustentado en las excepciones a las leyes de derechos de autor establecidas en las siguientes normativas:

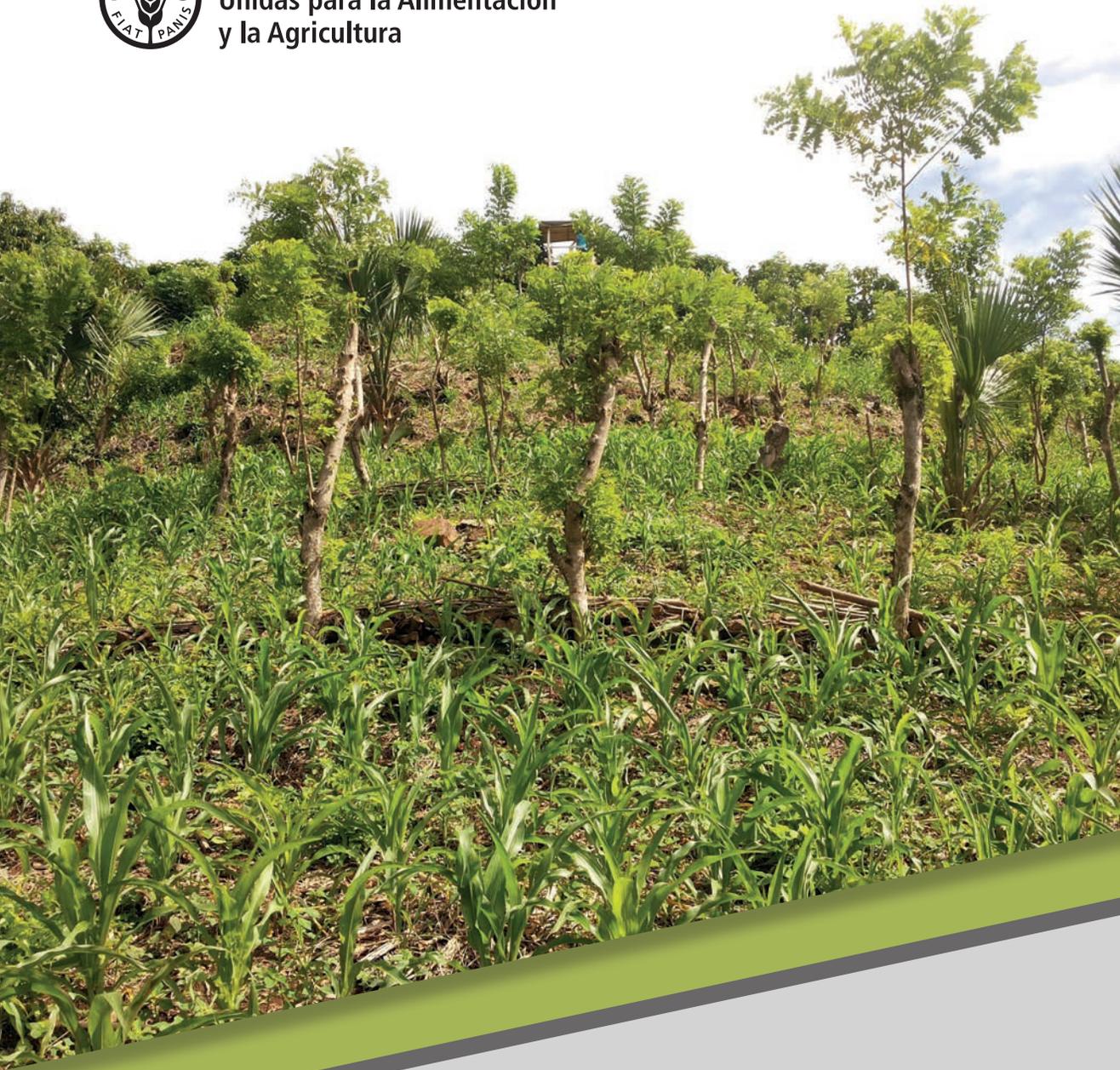
- a- Legislación costarricense: Ley sobre Derechos de Autor y Derechos Conexos, No.6683 de 14 de octubre de 1982 - artículo 73, la Ley sobre Procedimientos de Observancia de los Derechos de Propiedad Intelectual, No. 8039 – artículo 58, permiten el copiado parcial de obras para la ilustración educativa.
- b- Legislación Mexicana; Ley Federal de Derechos de Autor; artículo 147.
- c- Legislación de Estados Unidos de América: En referencia al uso justo, menciona: "está consagrado en el artículo 106 de la ley de derecho de autor de los Estados Unidos (U.S, Copyright - Act) y establece un uso libre y gratuito de las obras para fines de crítica, comentarios y noticias, reportajes y docencia (lo que incluye la realización de copias para su uso en clase)."
- d- Legislación Canadiense: Ley de derechos de autor C-11– Referidos a Excepciones para Educación a Distancia.
- e- OMPI: En el marco de la legislación internacional, según la Organización Mundial de Propiedad Intelectual lo previsto por los tratados internacionales sobre esta materia. El artículo 10(2) del Convenio de Berna, permite a los países miembros establecer limitaciones o excepciones respecto a la posibilidad de utilizar lícitamente las obras literarias o artísticas a título de ilustración de la enseñanza, por medio de publicaciones, emisiones de radio o grabaciones sonoras o visuales.

Además y por indicación de la UCI, los estudiantes del campus virtual tienen el deber de cumplir con lo que establezca la legislación correspondiente en materia de derechos de autor, en su país de residencia.

Finalmente, reiteramos que en UCI no lucramos con las obras de terceros, somos estrictos con respecto al plagio, y no restringimos de ninguna manera el que nuestros estudiantes, académicos e investigadores accedan comercialmente o adquieran los documentos disponibles en el mercado editorial, sea directamente los documentos, o por medio de bases de datos científicas, pagando ellos mismos los costos asociados a dichos accesos.



Organización de las Naciones
Unidas para la Alimentación
y la Agricultura



**CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS
AGROFORESTALES KUXUR RUM Y QUESUNGUAL
EN EL CORREDOR SECO DE GUATEMALA Y HONDURAS**

CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS
AGROFORESTALES KUXUR RUM Y QUESUNGUAL
EN EL CORREDOR SECO DE GUATEMALA Y HONDURAS

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
Ciudad de Panamá, 2018

Referencia requerida

FAO. 2018. Caracterización de los sistemas agroforestales Kuxur Rum y Qesun-gual en el Corredor Seco de Guatemala y Honduras. Ciudad de Panamá, 49 pp.

Las denominaciones empleadas en este producto informativo y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, por parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), juicio alguno sobre la condición jurídica o nivel de desarrollo de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. La mención de empresas o productos de fabricantes en particular, estén o no patentados, no implica que la FAO los apruebe o recomiende de preferencia a otros de naturaleza similar que no se mencionan.

Las opiniones expresadas en este producto informativo son las de su(s) autor(es), y no reflejan necesariamente los puntos de vista o políticas de la FAO.

ISBN 978-92-5-130486-0
© FAO, 2018

La FAO fomenta el uso, la reproducción y la difusión del material contenido en este producto informativo. Salvo que se indique lo contrario, se podrá copiar, imprimir y descargar el material con fines de estudio privado, investigación y docencia, o para su uso en productos o servicios no comerciales, siempre que se reconozca de forma adecuada a la FAO como la fuente y titular de los derechos de autor y que ello no implique en modo alguno que la FAO apruebe los puntos de vista, productos o servicios de los usuarios.

Todas las solicitudes relativas a la traducción y los derechos de adaptación así como a la reventa y otros derechos de uso comercial deberán dirigirse a www.fao.org/contact-us/licence-request o a copyright@fao.org.

Los productos de información de la FAO están disponibles en el sitio web de la Organización (www.fao.org/publications) y pueden adquirirse mediante solicitud por correo electrónico a publications-sales@fao.org.

ÍNDICE

ÍNDICE	III
AGRADECIMIENTOS	V
ACRÓNIMOS	VI
1. INTRODUCCIÓN	I
2. LOS SISTEMAS AGROFORESTALES QUESUNGUAL (QS) Y KUXUR RUM (KR)	2
3. ZONIFICACIÓN Y DIFUSIÓN	6
4. ESTABLECIMIENTO Y PARÁMETROS TÉCNICOS DE LOS SISTEMAS	12
4.1. Sistema Agroforestal Quesungual (QS)	12
4.1.1. Establecimiento	12
4.1.2. Fases anuales del QS	15
4.1.3. Especies	17
4.2. Sistema agroforestal Kuxur Rum (KR)	19
4.2.1. Establecimiento	19
4.2.2. Fases del KR	21
4.2.3. Especies	23
5. BIENES Y SERVICIOS	26
5.1. Rendimientos de granos básicos	26
5.2. Infiltración y contenido de agua en el suelo	27
5.3. Escorrentía superficial y erosión laminar del suelo	33
5.4. Dinámica de nutrientes y propiedades físico-químicas de los suelos	39
6. CONCLUSIONES	42
7. BIBLIOGRAFÍA	44



AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo, denominado “Caracterización de los sistemas agroforestales Kuxur Rum y Quesungual en el Corredor Seco de Guatemala y Honduras” es una iniciativa impulsada por la FAO en el marco del proyecto “Agroforestería Climáticamente Inteligente para el Corredor Seco de Centroamérica” (FMM/GLO/112/MUL_03), financiado por la cooperación holandesa. Su desarrollo ha sido posible gracias al esfuerzo de muchas personas e instituciones que han colaborado en la descripción y sistematización de estos dos sistemas agroforestales milenarios en la región Mesoamericana.

La preparación del manuscrito se basó en la compilación de dos informes técnicos realizados por el CATIE para la FAO y preparados por los especialistas Guillermo Detlefsen, Suelen Castro, Kauê de Sousa, Ney Ríos, Edwin García, Claudia Sepúlveda, Baltazar Moscoso, José Ramírez Maradiaga, Léster García, Ángel López, Jacobo Jordán Manchame y Eduardo Somarriba. El trabajo fue inicialmente coordinado por Lars Gunnar Marklund, Oficial Forestal de la FAO, y Alberto Bigi, Especialista en Gestión de Riesgos de Desastres, mientras que Pieter van Lierop, Oficial Forestal de la FAO, y Marco Minelli, Especialista en Gestión de Riesgos de Desastres, se hicieron cargo del trabajo en una fase posterior. La compilación de los reportes y aportes técnicos fue realizada por el Especialista en Seguridad Alimentaria y Nutricional y Desarrollo Rural, Julián Carrazón, y la edición técnica estuvo a cargo de David Morales-Hidalgo, Oficial Forestal de la FAO para Mesoamérica, y Maria del Carmen Ruiz, Especialista en Monitoreo Forestal.



NOTA: Los sistemas agroforestales Quesungual y Kuxur Rum fueron conceptualizados por la FAO en el marco de los proyectos Lempira en Honduras y PESA en Guatemala.

ACRÓNIMOS

BS	Bosque secundario
CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
CIAT	Centro Internacional de Agricultura Tropical
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FAO-PESA	Programa Especial para la Seguridad Alimentaria
KR	Sistema agroforestal Kuxur Rum
MO	Materia orgánica
PROSADE	Promoción de la Seguridad Alimentaria y Desarrollo Económico de las cuencas de los ríos Choluteca y Negro en Honduras
QS	Sistema agroforestal Qesungual
FAO-SLM	Oficina Subregional de la FAO para Mesoamérica
TQ	Sistema de tala y quema



1. INTRODUCCIÓN

La región de Centroamérica cubre una superficie de 524.000 km², de los cuales 181.000 km² (el 35%) corresponden a lo que se denomina “Corredor Seco Centroamericano” (TNC, 2002). En la región viven aproximadamente 26 millones de personas, más de la mitad de ellas en el área rural, que se caracteriza por un alto índice de pobreza y una agricultura de subsistencia basada en la producción de granos básicos (Banco Mundial, 2015; van der Zee, Arias et al., 2012). La escasez e irregularidad de las lluvias, junto con recurrentes episodios de sequía, provocan descensos en los rendimientos de los granos básicos, exacerbando la inseguridad alimentaria de la población y profundizando la pobreza. Esta situación ha motivado una búsqueda continua de sistemas de uso de la tierra que garanticen la producción de alimentos y que a la vez preserven y mejoren los recursos naturales (p. ej. suelos, agua y biodiversidad) y el ecosistema.

La agroforestería es una alternativa viable de manejo de los sistemas de cultivos, las fincas y el paisaje que permite lograr una productividad y rentabilidad sostenibles, y a la vez restaurar y conservar los recursos naturales y el funcionamiento del ecosistema (MARN, 2009). En el corredor seco, los sistemas agroforestales “Quesungual” (QS), en Honduras, y “Kuxur Rum” (KR), en Guatemala, han demostrado ser efectivos ante los eventos extremos característicos de la región.

El presente documento pretende recopilar y sistematizar la información existente sobre estos dos tipos de sistemas agroforestales, presentar su descripción al lector y enumerar sus bondades. Esperamos que este ejercicio sirva para promover estos sistemas agroforestales tanto dentro como fuera de la región, al tiempo que se promueve el conocimiento local y ancestral de los pueblos centroamericanos.





2. LOS SISTEMAS AGROFORESTALES QUESUNGUAL (QS) Y KUXUR RUM (KR)

El QS y el KR son sistemas agroforestales que se utilizan de forma rotativa: comienzan con una fase de cultivo de granos básicos, seguida de una fase “forestal” de descanso de la tierra para restaurar la fertilidad. Se aplican típicamente en laderas y se basan en la regeneración natural o la plantación de árboles/arbustos que se podan. Los residuos de cobertura vegetal se dejan sobre el suelo para aumentar la infiltración del agua, reducir la evaporación y la erosión del suelo y aportar nutrientes a los cultivos (FAO, 2004 y FAO, 2005). Los granos básicos incluyen: maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus vulgaris*) y sorgo (*Sorghum bicolor*). Los sistemas QS y KR presentan cuatro características fundamentales (FAO, 2005):

- práctica de la no quema;
- integración de árboles o arbustos y campos de cultivo;
- labranza mínima y
- cultivo con semillas de buena calidad y densidades de siembra adecuadas.

Los sistemas QS y KR son ejemplos de una gran colección de prácticas tradicionales de agricultura rotativa, manejo de barbechos y uso de coberturas arbóreas y arbustivas (Cairns, 2007).

RECUADRO 1: “EN ALGUNAS COMUNIDADES DEL SUR DE LEMPIRA, EN 1992, SE OBSERVÓ LA EXISTENCIA DE UNA PRÁCTICA AGRÍCOLA MUY GENERALIZADA ENTRE LOS PRODUCTORES, LA CUAL CONSISTÍA EN PODAR SUS ÁRBOLES A LA MITAD PARA SEMBRAR FRIJOL EN LA ÉPOCA DE POSTRERA. TAMBIÉN LO USABAN PARA PRODUCIR MAÍZ Y MAICILLO EN PRIMERA. LO QUE LLAMABA LA ATENCIÓN ERA QUE LOS ÁRBOLES NO ESTABAN TALADOS DE RAÍZ, SINO A CIERTA ALTURA (MÁS O MENOS ENTRE 1,20 Y 1,80 M) Y EL RASTROJO ESTABA TODO ACUMULADO PENDIENTE ABAJO, Y OTROS LO QUEMABAN DESPUÉS DE INCORPORAR TODO EL MATERIAL PODADO DE ÁRBOLES Y ARBUSTOS. NO SE TIENE REFERENCIA SOBRE CÓMO LLEGÓ ESTA PRÁCTICA A LOS PRODUCTORES NI SOBRE CÓMO ÉSTOS SE APROPIARON DE ELLA, POR LO QUE SE ASUME QUE SE TRATA DE UNA PRÁCTICA ANCESTRAL, HEREDADA DE LOS LENCAS. [...] EL SISTEMA OBSERVADO SE DENOMINÓ “QUESUNGUAL”, EN HONOR A LA COMUNIDAD DONDE POR PRIMERA VEZ SE OBSERVÓ” (FAO 2005).

En el sistema QS se mantiene una población alta de árboles que se regeneran naturalmente (Barragán, 2004) en el campo de cultivo. Generalmente se podan los árboles, para permitir la entrada de luz al cultivo y proporcionar una cobertura vegetal del suelo que mejora la disponibilidad de agua y nutrientes para los cultivos. Después de un cierto número de años consecutivos de cultivo (de 3 a 7), el terreno se deja de cultivar y se pone “en descanso”, es decir, en una fase de sucesión vegetal (de 3 a 10 años) localmente denominada *Guamil*. Con el paso de los años, el *Guamil* aumenta su biomasa y nutrientes hasta alcanzar un nivel de desarrollo de la masa forestal en el que es aconsejado detener



el proceso de sucesión vegetal, cortar la biomasa y aplicarla como cobertura, señalando el inicio de una nueva fase de cultivo. Durante la fase de cultivo los agricultores eliminan o incorporan árboles de regeneración natural, plantan otros y podan casi todos los árboles en el campo (excepto los frutales y maderables).



FIGURA 1. AGRICULTORES CULTIVANDO FRIJOLES EN UN SISTEMA AGROFORESTAL QUESUNGUAL.



© FAO

FIGURA 2. NIVELES DE PODA GENERALMENTE APLICADOS POR LOS PRODUCTORES EN SISTEMA AGROFORESTAL QUESUNGUAL: A) SIN PODAR O LEVEMENTE PODADO; B) PODADO DE LEVE A SEVERO; C) PODA SEVERA - TRONCO SIN RAMAS (MANEJO DEL REBROTE).



Generalmente, los árboles adicionados al sistema agroforestal son de varias especies y provienen de la regeneración natural de áreas vecinas o del área a cultivar. El arreglo espacial de los árboles es irregular, ya que depende de las fuentes de semillas germinadas, los rebrotes de árboles cortados, la retención selectiva de árboles procedentes de *Guamiles* anteriores y los árboles maderables o frutales plantados por el productor (Figura 1). En el establecimiento del sistema se promueven dos principios: 1) asegurar la cobertura del suelo con biomasa para producir parte del abono que requieren los cultivos, manteniendo una alta proporción de árboles que se puedan podar y que sean capaces de rebrotar y sobrevivir a podas sucesivas (ver Figura 2), y 2) tratar de que la cobertura de las copas de todos los árboles (sin haberlos podado) no sobrepase el 25% del área total de la parcela.

El QS tiene su origen en las prácticas de producción y de manejo de cultivos de las comunidades indígenas del occidente de Honduras (Hellin *et al.*, 1999; Boshier *et al.*, 2003), las cuales se basan principalmente en tala selectiva, podas periódicas de árboles y arbustos y manejo de la biomasa sin recurrir a la quema, con la consecuente siembra de cultivos de granos básicos (maíz, sorgo y frijol). Estas prácticas han sido mejoradas (uso de semilla mejorada, densidades de siembra adecuada, siembra en contorno, etc.) y adaptadas por técnicos y productores de otras regiones similares (Tijerino, 2008). El QS es implementado principalmente por productores de granos básicos en pequeñas fincas, generalmente de tamaño inferior a una hectárea.

El sistema KR es caracterizado por el plantío denso (un metro o menos entre plantas) de árboles o arbustos en hileras separadas por calles anchas (6 m), que permiten el cultivo de los granos básicos. Los árboles se podan regular y frecuentemente para permitir la entrada de luz al cultivo y producir la cobertura vegetal que (junto con los rastrojos de los cultivos) se aplica en la calle para cubrir el suelo y mejorar la disponibilidad de agua y nutrientes en los cultivos (UMCA, 2009).

RECUADRO 2: “KUXUR RUM” (KR) SIGNIFICA “MI TIERRA HÚMEDA” EN IDIOMA CHORTÍ. EL SISTEMA AGROFORESTAL KR ES UN SISTEMA TRADICIONAL Y SE CARACTERIZA POR UN CONJUNTO DE TECNOLOGÍAS DE MANEJO DE SUELO, AGRÍCOLAS Y FORESTALES, COMBINADAS CON LA DISTRIBUCIÓN DE ÁRBOLES EN CALLEJONES PARA LA RESTAURACIÓN DEL PAISAJE FORESTAL. SE ADAPTA A TODO EL ÁREA CORRESPONDIENTE AL CORREDOR SECO DE GUATEMALA. ESTE SISTEMA INTEGRA LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA EN EL SISTEMA AGROFORESTAL FAMILIAR, DE FORMA QUE DEL MISMO LOTE DE TERRENO SE PUEDEN OBTENER LEÑA Y MADERA, ASÍ COMO GRANOS, REDUCIENDO LA VULNERABILIDAD FÍSICA Y SOCIAL DE LOS HOGARES.

Después de un cierto número de años de cultivo, el terreno se abandona y se pone en descanso, en sucesión forestal, hasta obtener un *Guamil* que haya restaurado la fertilidad del sitio, momento en el que se corta la vegetación y se reestablece el sistema KR. Los sistemas KR son un tipo de “cultivo en callejones” o “cultivo entre setos” (*alley*



cropping o *hedgerow intercropping*, como se denominan en inglés) que fueron intensamente estudiados por los agroforestales entre los años 1980 y 2000 (Kang y Wilson, 1987; Vandermeer, 1998).

El proyecto FAO-PESA combinó el conocimiento local de la etnia Ch'orti' con el uso de tecnologías sostenibles para el manejo de cultivos, y desarrolló el KR actual, que consiste en el establecimiento de hileras separadas de madre cacao (*Gliricidia sepium*) formando calles de 6 metros de ancho. En cada hilera, las plantas de madre cacao se plantan con un metro de espacio entre cada una de ellas (1.667 árboles por ha). En los callejones que quedan entre las filas de árboles se siembra maíz (6 surcos) y frijol, en rotación con sorgo (Figura 3).

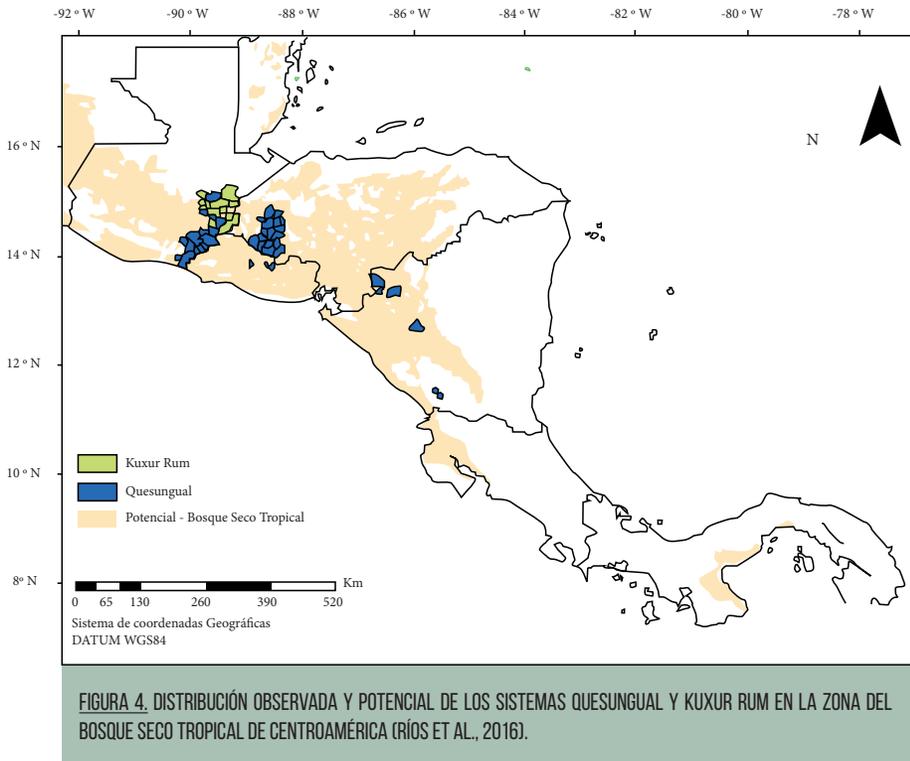


FIGURA 3. SISTEMA AGROFORESTAL KUXUR RUM PROMOVIDO POR EL PROYECTO "AGRICULTURA CLIMÁTICAMENTE INTELIGENTE" DE LA FAO, EN LOS DEPARTAMENTOS DE ZACAPA Y CHIQUIMULA, GUATEMALA.



3. ZONIFICACIÓN Y DIFUSIÓN

Los sistemas QS y KR se han reportado en varias localidades del bosque tropical seco y muy seco de Guatemala, El Salvador, Honduras y Nicaragua (Figura 4).



Los sistemas Quesungual han sido promovidos por diversas instancias en la región, como es el caso de la FAO, PESA-FAO, PROSADE o CIAT, por citar algunos, y validados en áreas específicas de los departamentos de Lempira, Choluteca, Francisco Morazán y El Paraíso, en Honduras, situadas a entre 200 y 900 metros sobre el nivel del mar (Figura 5). En el caso de El Salvador el sistema se ha promovido en la parte central del departamento de Chalatenango (Figura 6); en Nicaragua en los municipios de Somotillo, Condega, y Terrabona (Figura 7), y en Guatemala en Chiquimula (Figura 8). De acuerdo con Hellin *et al.* (1999), dicha región es montañosa y la gran mayoría de los agricultores cultivan granos básicos (maíz, frijol y sorgo en combinación con árboles dispersos) en pendientes (de 5 a 50%). Los suelos han sido clasificados en su mayoría como Entisoles (*Lithic Ustorthents*) y son generalmente bajos en fósforo (Castro *et al.*, 2010). En todos estos sitios, los QS han demostrado ser buenas opciones para mejorar la conservación del suelo y aumentar la productividad de los cultivos.



En recorridos de campo por los municipios de Orocuina y Pespire, en el Departamento de Choluteca (Honduras), se ha observado que el QS se puede encontrar desde 0 msnm hasta 900 msnm. En la parte baja (0 - 400 msnm) se siembra maíz en primera y sorgo en postrera. En la parte alta (400 - 900 msnm) se siembra maíz en primera y frijol en postrera.

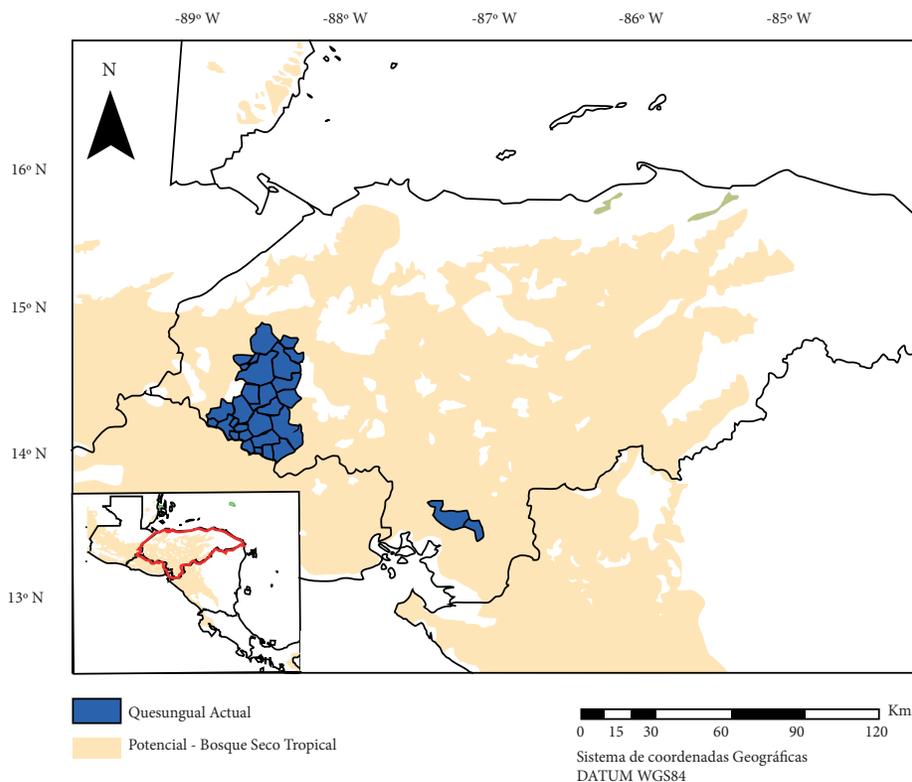


FIGURA 5. DISTRIBUCIÓN OBSERVADA Y DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE LOS SISTEMAS QUESUNGUAL EN LA ZONA DE BOSQUE SECO TROPICAL DE HONDURAS DONDE SE REALIZARON DIVERSAS ACCIONES IMPLEMENTADAS EN EL MARCO DEL PROYECTO PESA DE LA FAO (RÍOS ET AL., 2016).

En esta zona el QS se asocia en gran medida con pequeños agricultores que poseen entre 0,7 y 3,5 hectáreas de tierra y se dedican al cultivo de granos básicos, normalmente en zonas de ladera. La parcela típica de QS es de aproximadamente 600 m², con numerosos árboles desmochados y arbustos (más de 600 por ha) y pocos árboles grandes (20-50 por ha). El QS suele darse en áreas pedregosas con pendientes de 5 a 60% (comúnmente entre 10 y 25%).

De acuerdo con Castro *et al.* (2010), el manejo del QS en el municipio de Candelaria, en el departamento de Lempira (Honduras), es similar al de Choluteca. Se concentra en fincas de pequeña escala (el 80% de ellas tienen menos de cinco hectáreas) con topografía escarpada, con parcelas de producción en pendientes de 5 a 50%. Los suelos son



clasificados como Entisoles (*Lithic Ustorthents*) con alta pedregosidad, influenciados por ceniza volcánica con rocas ígneas e intrusivas, generalmente bajos en fósforo, con un contenido de materia orgánica entre 2,8 y 3,9% y un pH de 4,0 a 4,8. El sistema QS también fue identificado en Nicaragua, en los municipios de Somoto, Condega y Ometepe (Figura 7) (CIAT, 2009).

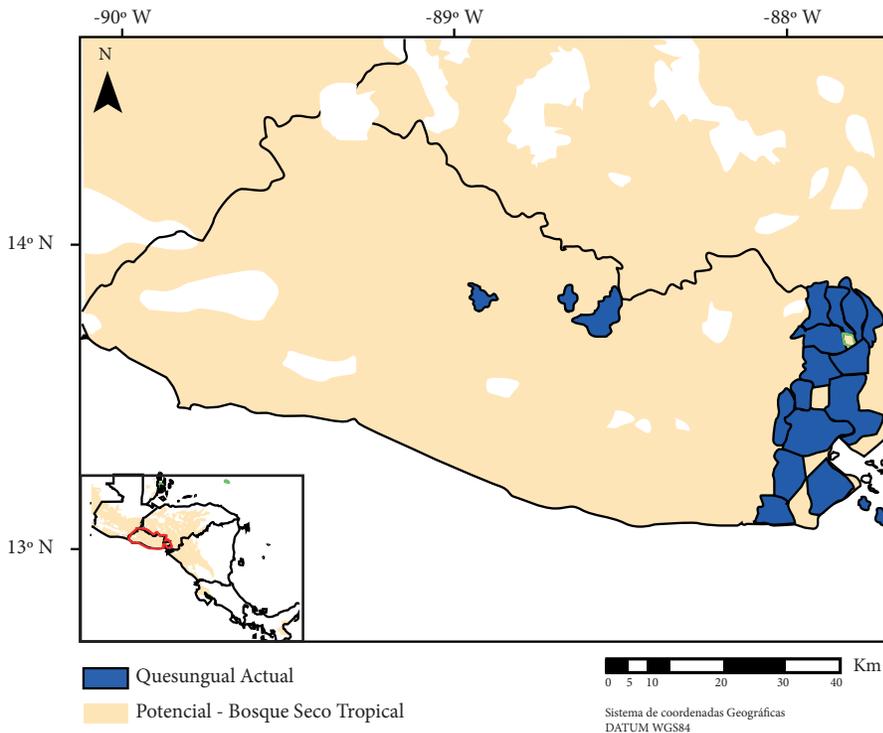


FIGURA 6. DISTRIBUCIÓN OBSERVADA Y DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE LOS SISTEMAS QESUNGUAL EN LA ZONA DE BOSQUE SECO TROPICAL DE EL SALVADOR, REPLICADOS POR MEDIO DE LAS ACCIONES IMPLEMENTADAS EN EL MARCO DEL PROYECTO PESA DE LA FAO (RÍOS ET AL., 2016).

En Guatemala, a partir del año 2005 y con el apoyo de la FAO, se inició la promoción del KR, y en 2007 ya se contaba con 1.000 hectáreas en varios departamentos del oriente del país, incluyendo Chiquimula, Zacapa, Jutiapa y Jalapa.

A partir del año 2015, 622 familias más instalaron el KR en 89 hectáreas adicionales en Chiquimula y Zacapa. Adicionalmente, se ha identificado a productores que usan KR en seis comunidades de los municipios de Jocotán y Camotán, del departamento de Chiquimula, y en una comunidad del municipio de Huité, del departamento de Zacapa

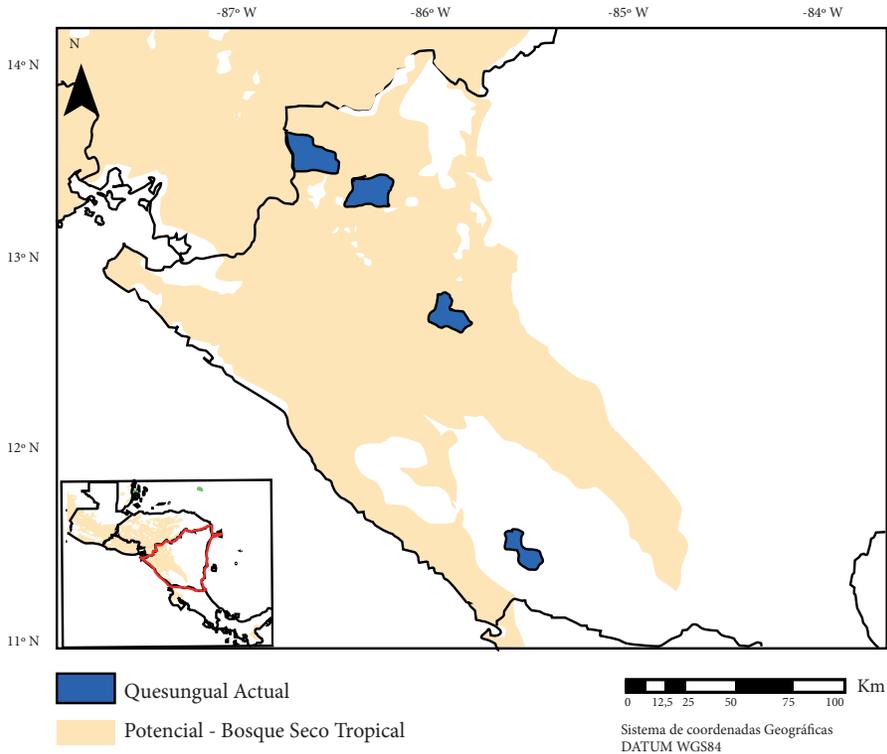


FIGURA 7. DISTRIBUCIÓN OBSERVADA Y DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE LOS SISTEMAS QESUNGUAL EN LA ZONA DE BOSQUE SECO TROPICAL DE NICARAGUA, DONDE EXISTEN EXPERIENCIAS DE MANEJO OBSERVADAS POR EL CIAT Y EL CATIE (RÍOS ET AL., 2016).

(Guatemala). Los municipios donde se han identificado sistemas Qesungual y Kuxur Rum en Centroamérica cubren aproximadamente 16.800 km² (Figura 8). Algunas áreas de bosque seco tropical en Costa Rica y Panamá podrían aplicar estos sistemas (y probablemente ya lo hacen).

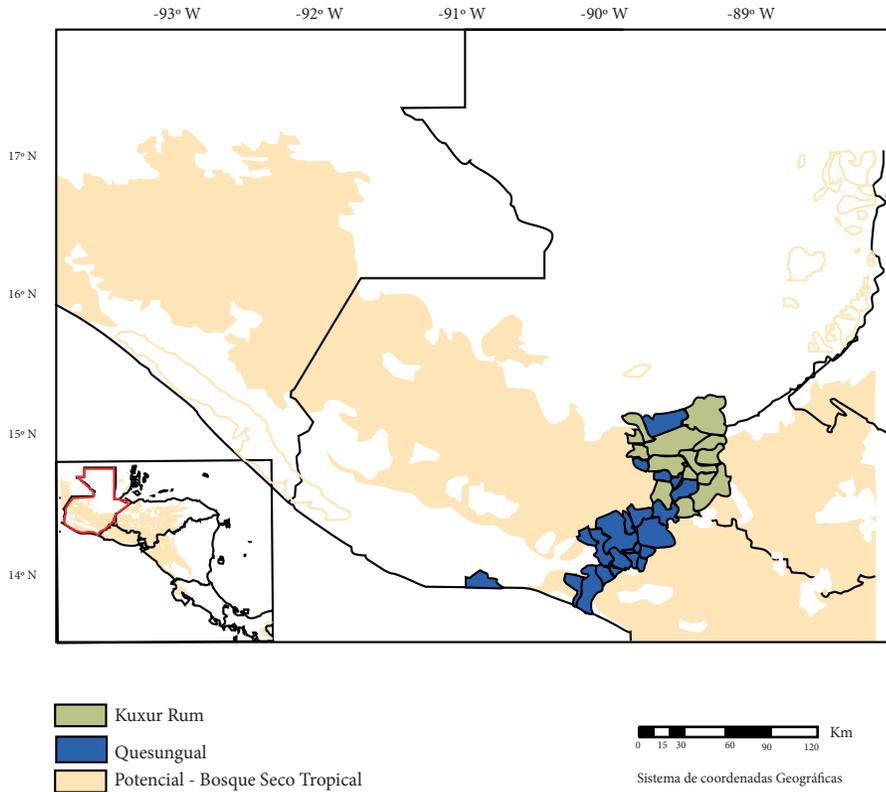


FIGURA 8. DISTRIBUCIÓN OBSERVADA Y DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE LOS SISTEMAS QUESUNGUAL Y KUXUR RUM EN LA ZONA DE BOSQUE SECO TROPICAL DE GUATEMALA (RÍOS ET AL., 2016).

Castro *et al.* (2009) realizaron un estudio usando variables de clima y suelo para determinar áreas potenciales para la utilización de QS y KR, demostrando el alto potencial de áreas del pacífico de Honduras, Nicaragua, El Salvador y Guatemala, así como del suroeste de México. En el caso del Caribe, se identificó potencial en Cuba, Haití y Venezuela (Figura 9), y a nivel de Sudamérica se señalan parte de Brasil (Cerrados y Catinga) y Bolivia como lugares potenciales (Figura 10).

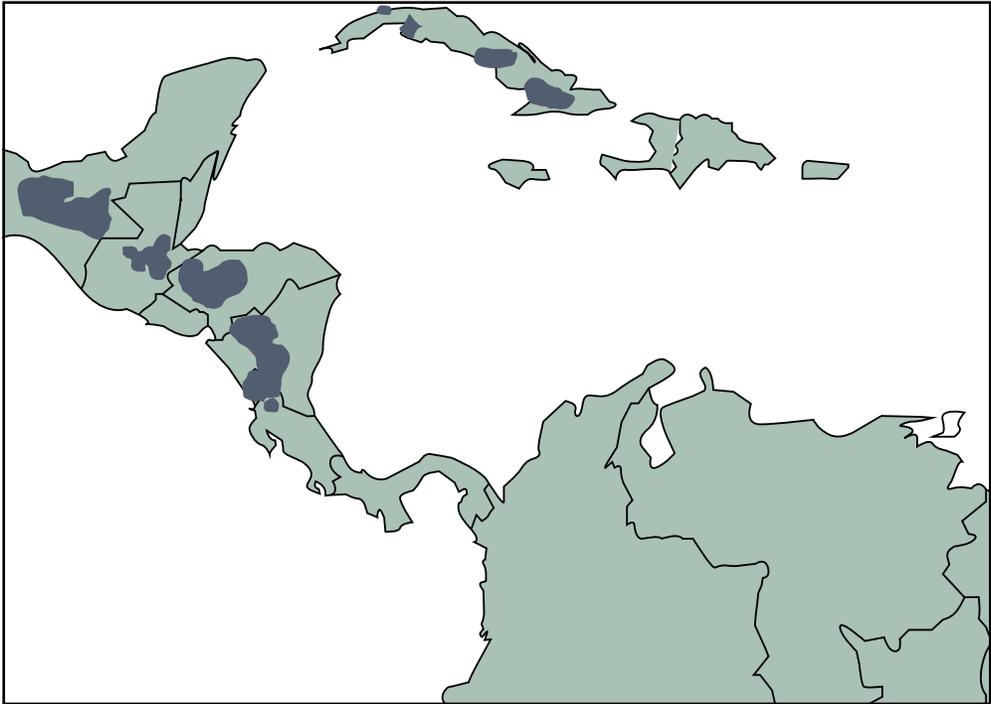


FIGURA 9. SITIOS DE POSIBLE EXTRAPOLACIÓN DEL SISTEMA AGROFORESTAL QUESUNGUAL EN CENTROAMÉRICA, EN FUNCIÓN DE CLIMA Y SUELO (CASTRO ET AL., 2009).

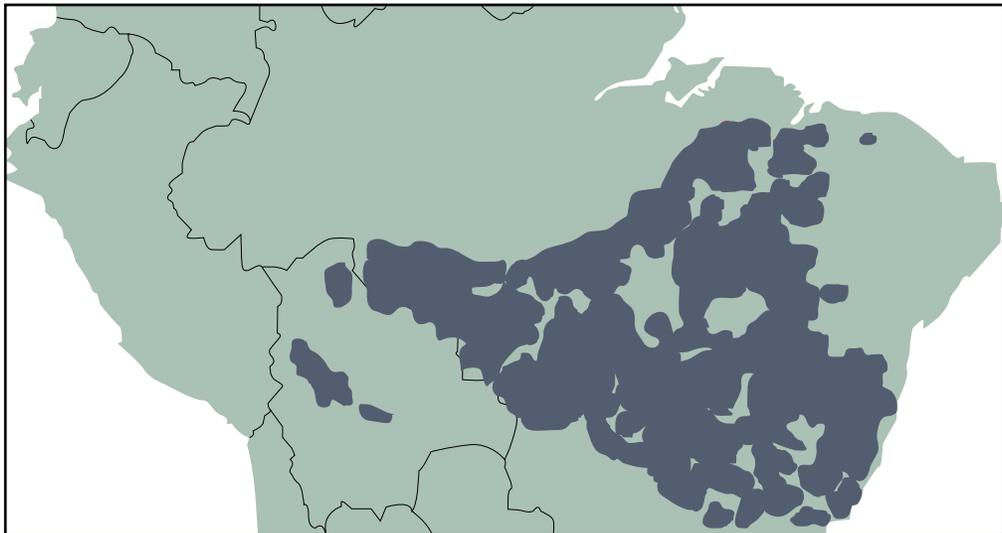


FIGURA 10. SITIOS DE POSIBLE EXTRAPOLACIÓN DEL SISTEMA AGROFORESTAL QUESUNGUAL EN SUDAMÉRICA, EN FUNCIÓN DE CLIMA Y SUELO (CASTRO ET AL., 2009).



4. ESTABLECIMIENTO Y PARÁMETROS TÉCNICOS DE LOS SISTEMAS

4.1. SISTEMA AGROFORESTAL QUESUNGUAL (QS)

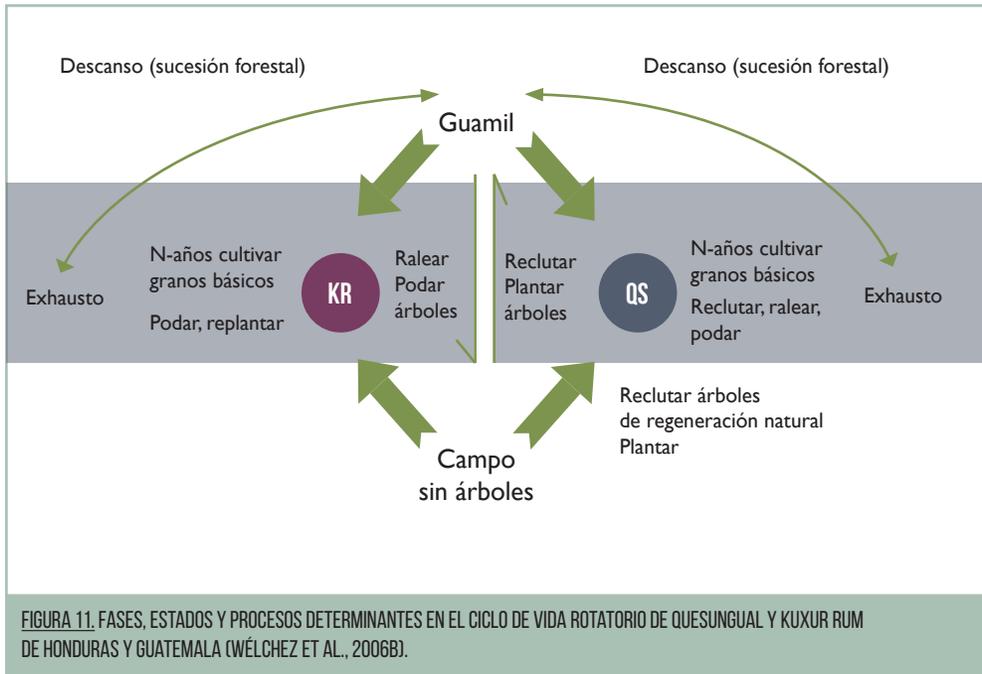
4.1.1. ESTABLECIMIENTO

El establecimiento del QS puede comenzar a partir de un *Guamil* o de un campo de cultivo sin árboles (Figura 11). Si el inicio es un *Guamil*, primero se corta la vegetación herbácea, y a los árboles y arbustos se les realiza una tala selectiva para reducir su densidad y por ende la posible competencia con los cultivos.

A los árboles y arbustos que no son cortados se les practican varios tipos y niveles de poda, que pueden ir desde la poda total (troncones) a una poda leve para reducir sombra. Además, se recogen árboles pequeños (regenerados naturalmente) de especies deseadas (García, 2011; Wélchez *et al.*, 2006a; Rivera, 2008). Si el QS se establece a partir de una parcela sin árboles, el desarrollo de la población arbórea se logra mediante el control selectivo de la maleza, la incorporación de árboles y arbustos de la regeneración natural y una plantación dirigida (ver Figura 11). Debido a las continuas podas, un porcentaje aún no estimado de troncones, árboles y arbustos se secan y son removidos y usados como leña. La regeneración natural es manejada cuidando las nuevas plántulas de especies valiosas que vayan surgiendo dentro de la parcela (Wélchez *et al.*, 2006b).

Con el paso de los años se aprecia una disminución en la cobertura arbórea, no así en los rendimientos (FAO, 2005), por lo que normalmente el productor trata de dejar en descanso la parcela por varios años antes de volver a cultivar. Las diversas modalidades de establecimiento de los QS se pueden observar en el Cuadro 1.

Una parcela típica de QS tiene numerosos troncos en constante rebrote (1,5 a 2 m de alto) y árboles enteros o semipodados de diferentes tamaños. Los árboles y arbustos son podados una vez por año antes del establecimiento del cultivo de maíz, de mayo a junio, pudiendo haber otra poda de agosto a septiembre si hubiera presencia de abundantes rebrotes que puedan competir con el sorgo o el frijol, ambos establecidos alrededor de esos meses. El cultivo pionero en el establecimiento inicial del QS puede ser el sorgo (*Sorghum vulgare*) o el frijol común (*Phaseolus vulgaris*), los cuales son sembrados al voleo para luego ser cubiertos por la biomasa de la poda inicial. Durante los siguientes 3 a 5 años, las parcelas son sembradas con maíz en asocio (relevo) con sorgo y/o frijol, habiendo incluso parcelas de más de 10 años en uso continuo. Las prácticas habituales en la producción de maíz como cultivo principal, en asocio o relevo con frijol y/o sorgo, incluyen (Figura 12): limpia con machete (machete largo o pando) en abril-mayo, siembra directa en labranza cero (con espeque), poda periódica de árboles y arbustos, aplicación localizada de fertilizantes, aplicación focalizada de herbicidas en maíz y control de plagas en frijol (Wélchez *et al.*, 2006a; Wélchez *et al.*, 2006b). Durante la época seca,



los agricultores pastorean ganado bovino en los rastrojos de cultivo, siendo esta una práctica común entre los agricultores de Centroamérica. En algunos casos, las parcelas QS se transforman temporalmente en sistemas silvopastoriles. El QS permite que una especie de la preferencia del productor pueda ser manejada como tocón, maderable o frutal (y para otros propósitos), lo que permite encontrar QS con diferentes “enfoques” (solo granos, fruta, madera, forraje, etc.) según los objetivos de producción y las condiciones agroecológicas.



CUADRO 1. SÍNTESIS DE LAS MODALIDADES DEL SISTEMA QUESUNGUAL ENCONTRADAS EN LOS MUNICIPIOS DE CHOLUTECA Y PESPIRE, HONDURAS.

FASE	ACTIVIDADES	BENEFICIOS, PRODUCTOS Y SERVICIOS
<p>Establecimiento de árboles con agricultura (de 3 a 4 años). (Practicada por el 13% de los entrevistados). Generalmente el terreno no tiene árboles al inicio, salvo unos pocos maderables.</p>	<p>Eliminación de las quemas. Siembra directa de semillas de árboles aboneros de madreado. Trasplante de árboles maderables (10 x 10 m). Trasplante de árboles aboneros (4 x 4 m). Poda de árboles aboneros. Cuido de regeneración natural. Poda de maderables existentes. Aplicación de medidas agronómicas.</p>	<p>En cuanto aumenta la densidad y la producción de hojarasca de los árboles aboneros, se experimenta una mejor protección y aumento en la fertilidad del suelo.</p>
<p>Desarrollo y manejo de matorral o barbecho (de 3 a 4 años). (Practicada por el 47% de los entrevistados).</p>	<p>Eliminación de las quemas. Pastoreo controlado. Limpiezas de árboles y eliminación de bejucos. Raleos de liberación de árboles maderables. Aprovechamiento de postes y leña.</p>	<p>Se obtiene leña. Se restaura la fertilidad del suelo. La vegetación ayuda a la infiltración del agua y mejora el microclima.</p>
<p>Conversión de barbecho maduro a Quesungual (5 a 7 años). (Practicada por el 27% de los entrevistados).</p>	<p>Eliminación de las quemas. Descope/poda de árboles aboneros a 1.70 - 2 m de altura. Corte de árboles aboneros no requeridos, dejando árboles aboneros a un mínimo de 4 x 4 m. Aprovechar maderables grandes. Selección/poda de árboles maderables inmaduros. Corte de árboles indeseables. Esparcimiento sobre el suelo de hojas y ramitas de los árboles podados y cortados.</p>	<p>Productos diversos maderables y leña. Materia orgánica para proteger el suelo.</p>
<p>Agricultura y hasta ramoneo con Quesungual (3 a 4 años). (Practicada por el 7% de los entrevistados). Si se mantiene la fertilidad del suelo pueden seguir cultivando por más años.</p>	<p>Eliminación de las quemas. Podas de árboles aboneros 2 veces por año. Mantenimiento de cobertura de hojas sobre el suelo. Manejo de rebrotes de árboles maderables aprovechados (Ej. teca). Poda de maderables. Recolección de leña. Con podas estratégicas se podría obtener forraje de los árboles aboneros en el verano. Introducción de ganado para consumo de rastrojos.</p>	<p>Rendimientos más altos y más seguros de granos básicos incluso cuando ocurren sequías. Erosión reducida del suelo. Leña con cada poda. Complemento forrajero para el ganado.</p>
<p>Segunda fase matorral (2 a 3 años). (Practicada por el 7% de los entrevistados).</p>	<p>Esta opción se suele desarrollar aun cuando los rendimientos de los cultivos podrían sostenerse. Si se desarrolla hay que mantener la eliminación de las quemas. Limpiezas de árboles y eliminación de bejucos. Raleos de liberación de árboles maderables. Aprovechamiento de postes y leña. Pastoreo controlado.</p>	<p>Restauración de fertilidad del suelo. Producción de madera y leña. Servicios de infiltración de agua y mejoría del microclima.</p>



4.1.2. FASES ANUALES DEL QS

Según la FAO (2005), el sistema agroforestal QS presenta tres fases: la postrera o ciclo de inicio, la fase 2 o verano y la fase 3 o primera. La Figura 12 presenta las actividades realizadas en cada fase, así como su distribución por meses.

La fase 1 marca el inicio del ciclo y comprende la identificación de *Guamiles*, la siembra de semillas al voleo, la limpieza de hierbas y maleza y la poda de árboles y arbustos, así

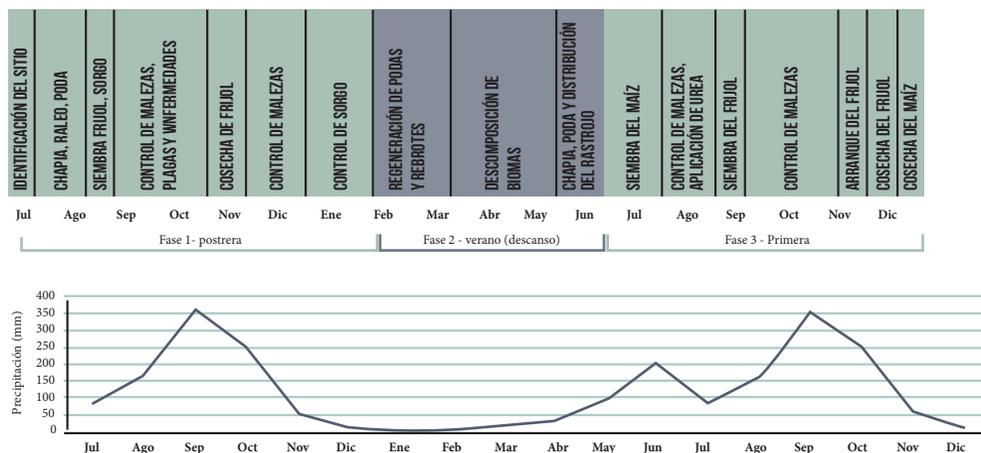


FIGURA 12. ESTACIONES CLIMÁTICAS, FASES Y ACTIVIDADES DE MANEJO DE ÁRBOLES Y CULTIVOS EN LOS SISTEMAS AGROFORESTALES QUESUNGUAL EN EL CORREDOR SECO CENTROAMERICANO (FAO, 2005; THURSTON, 1994; FUNK ET AL., 2015).

como la primera cosecha del frijol y sorgo. La identificación del *Guamil* debe ser realizada un año antes del establecimiento del sistema. Los agricultores seleccionan un área de manejo que haya estado en descanso por un período que puede variar entre seis y doce años, cuando los árboles poseen un diámetro superior a 10 cm y los arbustos miden más de 1 metro de altura. Según los productores, este tiempo de descanso permite que la parcela recupere su fertilidad, gracias a la biomasa producida por los árboles y arbustos en el transcurso de este período (FAO, 2005).

La siembra de semillas al voleo consiste en una distribuir la semilla de manera no uniforme a lo largo de toda el área destinada para la siembra. No se preparan surcos y tampoco se cubre la semilla con tierra, pero la semilla se “tapa” con la biomasa podada de la vegetación (Shaxson y Barber, 2005). Debido a que no existe una distribución uniforme en el terreno, la cantidad de semilla a sembrar puede variar. De esta manera, la disposición depende del manejo y destreza del agricultor al momento de esparcir la semilla. Sin embargo, en el caso del frijol se recomienda utilizar una cantidad que varía entre 90 y 110 kg/ha, y para maíz entre 22 y 30 kg/ha (FAO 2005). Este tipo de sistemas de cultivo se conoce con el nombre genérico de “tapados” (Thurston, 1994).



La limpieza 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 arrancar o dejar expuestas las raíces. Los arbustos que se encuentran en la parcela deben ser podados 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 el agua se estanque sobre el tejido cortado y la humedad produzca hongos. Generalmente, los árboles frutales y maderables de



FIGURA 13: PRODUCTORES SEMBRANDO GRANOS AL VOLEO EN UN SISTEMA QUESUNGUAL EN HONDURAS.

alto valor no son podados. El material remanente producto de la poda (hojas y ramas) es utilizado como mantillo o cubierta humificada, y se esparce sobre el suelo de manera uniforme con el fin de proteger la semilla y generar condiciones aptas para la germinación. Es común utilizar las ramas gruesas producto de la poda como leña o postes (FAO, 2005). Los agricultores controlan las plagas del maíz y el frijol usando insecticidas de contacto, que generalmente aplican de 15 a 25 días después de la siembra, fecha que también aprovechan para aplicar un fertilizante foliar y corregir algunas deficiencias de elementos menores. Sin embargo, en cultivos de sorgo los agricultores no hacen ningún tipo de control de plagas. En el caso del frijol, al momento de la cosecha las plantas cosechadas son amarradas en mazos y colgadas en los arbustos podados hasta que hayan



perdido la humedad y se puedan aporrear sin dificultad. En el caso del sorgo solamente se cosecha la panoja o bellota, mientras que el resto de la planta es dejado en el terreno, una parte para alimentar el ganado en la época seca y otra para ser utilizado como rastrojo en la parcela. La fase 2 ocurre específicamente durante el verano y consiste en el período de descomposición de biomasa. Esta etapa se da al año siguiente de haber seleccionado el *Guamil* y podado los árboles y arbustos. Al inicio del período de lluvias se cortan todas las malezas que crecieron durante la fase de cultivo de frijol y sorgo, y se trocean y distribuyen uniformemente en la parcela los rebrotes de los árboles y arbustos que se podaron el año anterior.

La fase 3 es el período denominado primera, momento en que se concreta el establecimiento del sistema. Una vez que los productores tienen preparada la parcela con la limpieza de hierbas y maleza y el manejo de los rebrotes, realizan la siembra del maíz con macana en cero labranzas, empleando de dos a tres semillas por postura y utilizando un distanciamiento de 1,0 x 0,5 m en la siembra, con surcos orientados de forma perpendicular a la pendiente. Una variación del sistema consiste en controlar las malezas emergentes mediante la aplicación de herbicidas de contacto (aunque se busca que esto disminuya a partir 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 las malezas no se dejaban en descomposición, sino que se quemaban, y los cultivos no podían hacer uso de los beneficios de la materia orgánica en forma mineralizada. FAO (2005) reportó la utilización de 286 a 358 kg/ha de las fórmulas 20-20-20 o 12-24-12 durante la primera deshierba (entre los 8 y los 15 primeros días). Posteriormente se realizaba la aplicación del fertilizante en la misma cantidad.

La cosecha de maíz se realiza cuando el grano tiene entre un 13 y un 15% de humedad. Algunos productores cosechan la mazorca del maíz sin sus hojas en la parcela, para que estas y el resto de la planta sirvan de alimento para los animales. Otros cosechan el maíz con sus hojas, dejando el resto de la planta en la parcela para alimentar al ganado o para usarlo como cobertura. Después de eliminar las hojas de la mazorca, el maíz es desgranado y almacenado en un silo metálico, generalmente de 1.800 kg de capacidad, con entre un 12 y un 14% de humedad. En el caso del frijol, la cosecha sigue el mismo procedimiento implementado al momento de establecer el QS.

4.1.3. ESPECIES

Las densidades utilizadas son de al menos 50 árboles maderables o frutales por hectárea, y al menos 625 árboles aboneros por hectárea, siendo común la mezcla entre aboneros y maderables.

Las especies aboneras, maderables y frutales se establecen por medio de siembra directa, plántulas de vivero o manejo de regeneración. La siembra directa es normal cuando no existen suficientes árboles de las especies deseadas en la finca, pero sí hay suficiente disponibilidad de semillas para regarlas al voleo o sembrarlas en los claros o parches



sin cobertura arbórea de la parcela donde se va a establecer el Quesungual. El establecimiento de plántulas producidas en vivero se hace para incluir en la parcela árboles que no existen en la zona, como en el caso de la teca (*Tectona grandis*), o que son valiosos individualmente (como un frutal). La regeneración natural, bien sea de semillas de árboles que caen en la parcela o de tocones con capacidad de rebrote que quedan en el terreno, se maneja después de los raleos y el aprovechamiento de árboles maderables.

De acuerdo con entrevistas realizadas a 15 productores de los municipios de Choluteca y Pespire (Honduras) las especies más frecuentes y abundantes en los QS son: laures (*Cordia alliodora*, 80%), madre cacao (*Gliricidia sepium*, 80%), guayaba (*Psidium guajava*, 67%), pie de venado (*Bauhinia spp.*, 60%), zorrillo (*Thouinidium decandrum*, 60%), chaperno (*Lonchocarpus spp.*, 53%), guachipilín (*Diphysa robinoides*, 47%), jagua (*Genipa americana*, 47%), caoba (*Swietenia humilis*, 40%), quebracho (*Lysiloma spp.*, 33%), nance (*Byrsonima crassifolia*, 33%), caulote (*Guazuma ulmifolia*, 27%) y guaje, sipia o silimera (*Leucaena spp.*, 27%). Las restantes especies encontradas fueron reportadas por 20% o menos de los productores e incluyen aceituno (*Simarouba glauca*), macuelizo (*Tabebuia rosea*), achiote (*Bixa orellana*), aguacate (*Persea americana*), carao (*Cassia grandis*), candelillo (*Cassia spectabilis*), capulín (*Trema micrantha*), flor amarilla (*Cassia siamea*), cedro (*Cedrela odorata*), guapinol (*Hymenaea courbaril*), quiscanal (*Acacia collinsii*), guanacaste colorado (*Enterolobium cyclocarpum*), guanacaste blanco (*Albizia caribaea*), guayabillo (*Terminalia spp.*), hoja blanca (*Luehea seemanii*), plumajillo (*Schizolobium parahyba*), indio desnudo (*Bursera simarouba*), mango (*Mangifera indica*), nim (*Azadirachta indica*) y sálamo (*Calycophyllum candidissimum*), entre otras.

Árboles de servicio

Dentro de las especies de servicio (aboneros) destacan el madre cacao (*Gliricidia sepium*), carao (*Cassia grandis*), gaulote (*Guazuma ulmifolia*), chaperno (*Lonchocarpus spp.*), guaje (*Leucaena spp.*), flor amarilla (*Cassia siamea*) y plumajillo (*Schizolobium parahyba*). Algunos de los criterios indicados por los productores para escoger estas especies son que deben ser resistentes a la poda y al descope, preferiblemente con alta capacidad de rebrote y que aporten materia orgánica (e implícitamente sean fijadores de nitrógeno), así como que produzcan leña y otros productos maderables útiles en las fincas, como postes para cercos y vigas o madera de construcción rural. En conjunto, es aconsejable tener en el maizal árboles aboneros con hojas que se descompongan a diferentes velocidades, para mantener la cobertura del suelo. En cada caso hay que evaluar las especies y ajustarlas, según su reacción a las podas repetidas. La especie con más potencial para el manejo de abono en Honduras es aparentemente el madre cacao (*Gliricidia sepium*), por su gran facilidad de establecimiento y propagación (por estacas o por semillas) y por su capacidad para restaurar la fertilidad del suelo.

Árboles maderables

Las especies maderables más deseadas por los productores para utilizar en el QS son el laurel (*Cordia alliodora*), guachipilín (*Diphysa robinoides*), caoba (*Swietenia humilis*), cedro (*Cedrela odorata*), aceituno (*Simarouba glauca*), guapinol (*Hymenaea courba-*



ril), guanacaste colorado (*Enterolobium cyclocarpum*), guanacaste blanco (*Albizia caribaea*), guayabillo (*Terminalia spp.*), macuelizo (*Tabebuia rosea*), nim (*Azadirachta indica*) y teca (*Tectona grandis*). Los principales criterios indicados por los productores entrevistados durante el presente estudio para utilizar estas especies maderables fueron que las prefieren porque son árboles de rápido crecimiento y de sombra liviana, no alcanzan tamaños muy grandes (o, en su defecto, pueden manejarse los tamaños y las densidades de las copas mediante podas), resisten a constantes podas de las ramas laterales y proveen leña además de madera (Hellin *et al.*, 1999).

Frutales

Las especies frutales mayormente encontradas en los QS fueron mango (*Mangifera indica*), aguacate (*Persea americana*), cítricos (*Citrus spp.*), musáceas (plátano y banano), guayaba (*Psidium guajava*), nance (*Byrsonima crassifolia*) y papaya (*Carica papaya*). Sin embargo, de acuerdo con recomendaciones propias de los agricultores, es preferible evitar la presencia de especies frutales dentro del Quesungual y se recomiendan en los huertos familiares alrededor de las casas, ya que por lo general estas especies no son podadas y su sombra puede llegar a ser excesiva cuando crecen, como en el caso del mango o del aguacate. Según Hellin *et al.* (1999), las especies más comunes de árboles frutales en su estudio fueron nance (*Byrsonima crassifolia*), guayaba (*Psidium guajava*), limones, naranjas, mandarinas (*Citrus spp.*), aguacate (*Persea americana*), mango (*Mangifera indica*), papaya (*Carica papaya*) y marañón (*Anacardium occidentale*).

4.2. SISTEMA AGROFORESTAL KUXUR RUM (KR)

4.2.1. ESTABLECIMIENTO

Los sistemas Kuxur Rum, como ya se ha descrito antes, son un tipo de cultivo “de callejón”. Se caracterizan por el plantío de hileras de árboles (generalmente fijadores de nitrógeno) en altas densidades, pero con amplias distancias entre líneas con un cultivo asociado (generalmente granos básicos) crecido en los callejones entre las filas (Jiménez *et al.*, 1998; UMCA, 2009). El concepto inicial viene de la práctica de sembrar leucaena (*Leucaena leucocephala*) en surcos en el contorno del cultivo (Kang *et al.*, 1990). En general, los árboles son plantados por medio de semillas, dando preferencia a las especies que tienen semilla grande y buena respuesta a la siembra directa. Entre las más utilizadas están la leucaena y el madre cacao (Kang, 1997), ambas especies leguminosas fijadoras de nitrógeno. Tras su establecimiento, los árboles son podados periódicamente para manejar la sombra sobre los cultivos y para utilizar los residuos de poda de los árboles como abono verde (Mendieta y Rocha, 2007). Los sistemas KR se utilizan en la producción de maíz, frijol y sorgo.

Durante los años 80 y 90 se realizaron innumerables estudios de muchas modalidades de cultivos en callejón en diversas zonas agroecológicas del mundo, obteniendo resul-



tados diversos (Kang y Wilson, 1987; Kang, 1993; Cairns, 2015). Sin embargo, a pesar de su baja productividad y comparados con otros sistemas agroforestales (Thurston, 1994), los cultivos en callejón son más estables, dada su capacidad de reciclar nutrientes por medio del uso de especies más eficientes, reducir la lixiviación, estimular la actividad de la fauna del suelo y controlar la erosión (Kang y Wilson, 1987; Kang, 1997). Tres requisitos para el éxito del KR son: 1) la correcta selección de la especie leñosa; 2) el buen establecimiento de las hileras de árboles; y 3) el manejo eficiente de las hileras y del cultivo mediante podas (altura de corte, frecuencia, cronología mensual, etc.), arreglos y distancias de plantación, etc. (Kang, 1997; Cairns, 2007; Jiménez *et al.*, 1998). Cairns (2007) sugiere: (i) que la poda de las leñosas puede ser realizada a nivel del suelo durante la limpieza de las malezas del terreno; (ii) introducir un período de descanso de al menos un año para mejorar los beneficios en la producción del cultivo, período durante el cual la parcela puede ser utilizada para la producción de forraje o estacas; (iii) buscar especies alternativas a la leucaena, ya que la especie tiene potencial invasivo en algunas regiones y compite por agua en las zonas más áridas (Jiménez *et al.*, 1998). El mismo autor sugiere establecer los sistemas en áreas con suelos razonablemente fértiles, con problema de erosión, poca competencia por agua, precios altos de los productos y costos de mano de obra bajos. En la región de bosque seco centroamericano, algunas de estas condiciones se dan y otras no (Posada, 2012). En Jocotán, Camotán y Huité, Zacapa, los productores diversifican el KR con especies maderables y frutales (Figura 14).



© CATIE / J. Ríos

FIGURA 14: ÁRBOL DE CEDRO (*C. ODORATA*) DE 14 AÑOS DE EDAD Y ALGUNOS FRUTALES (EN ESTE CASO BANANO), INTERCALADOS EN UN SISTEMA KUXUR RUM REPRESENTATIVO DE CHIQUIMULA, GUATEMALA.



4.2.2. FASES DEL KR

La Figura 15 describe la escala temporal macro del ciclo de vida rotatorio del KR, así como las diversas actividades a realizar durante el año. Al igual que el QS, su desarrollo se divide en 3 fases: postrera, verano y primera.

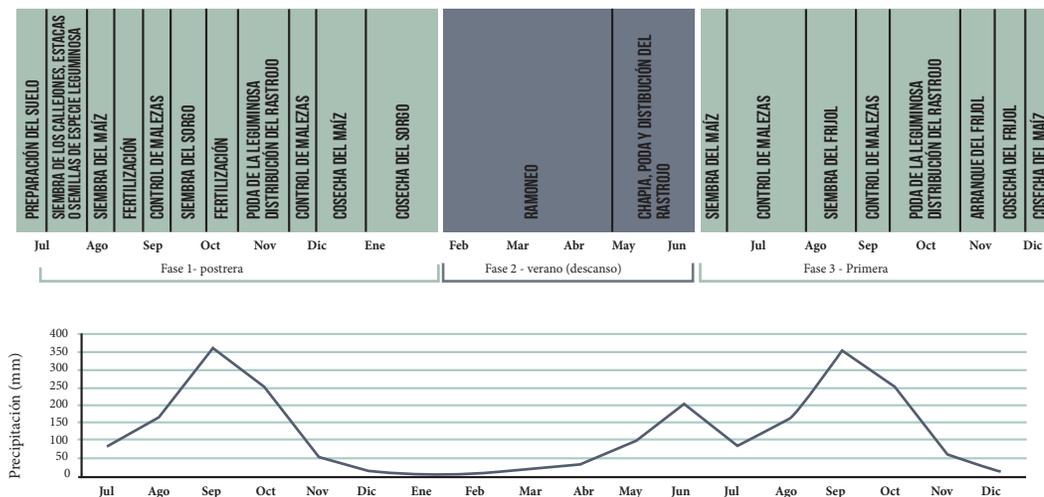


FIGURA 15: ESTACIONES CLIMÁTICAS, FASES Y ACTIVIDADES DE MANEJO DE ÁRBOLES Y CULTIVOS EN LOS SISTEMAS AGROFORESTALES KUXUR RUM EN EL CORREDOR SECO CENTROAMERICANO (FAO, 2005; THURSTON, 1994; FUNK ET AL., 2015).

La Fase 1 consiste en la preparación del suelo, poda de las leguminosas leñosas, siembra de los cultivos, fertilización, poda y control de malezas. La preparación de suelos consiste en la eliminación manual de “matochos” (plantas perennes que brotan después de la cosecha del ciclo anterior de sorgo) y la aplicación tras la siembra de herbicidas quemantes para eliminar las malezas. Las leguminosas leñosas (por ejemplo, *Gliricidia sepium* o *Leucaena leucocephala*) se distribuyen por medio de estacas o semillas a 1 m o menos entre plantas, en hileras separadas por calles anchas (6 m). El maíz se siembra con macana, en surcos perpendiculares a la pendiente (siguiendo las curvas a nivel) y con un distanciamiento entre surcos que varía entre los 80 y los 90 cm, con 40-50 cm entre posturas dentro del surco y de 2 a 3 plantas por postura. Se aplican dos fertilizaciones: la primera a los 8-12 días después de la siembra y la segunda a los 35-40 días después de la siembra (Thurston, 1994). La siembra del sorgo, la fertilización y el control de malezas se realizan a los 30-35 días después de la siembra del maíz, y un poco antes de la floración (en algunos casos después de esta). La fertilización del sorgo ocurre después de la dobla del maíz, cuando el sorgo ha alcanzado una altura de 10 a 15 cm. El sorgo se fertiliza una sola vez durante el ciclo de cultivo, y tras la fertilización se realiza



un control manual de malezas. El control de malezas se realiza a los 35-40 días después de la siembra y en la mayoría de los casos se utilizan herbicidas quemantes aplicados cuidadosamente (Thurston 1994). Se acostumbra a podar los árboles de leguminosas a los 40-50 días del plantío (en el caso de que la siembra haya sido por estacas), y las hojas y ramas de los árboles podados se aplican como *mulch*, así como también el rastrojo del maíz y el frijol y otras materias orgánicas disponibles (FAO, 2004; Kang, 1997; Cairns, 2007). Debido a la alta densidad de siembra, los sistemas KR necesitan manejar la sombra constantemente para no perjudicar el desarrollo de los cultivos entre los callejones (Cairns, 2007). En general, se acostumbra a podar los árboles durante el crecimiento de los cultivos, de forma que los cultivos queden sin sombra. Esto implica que, si se hacen cultivos de primera y postrera, se realizan al menos dos podas durante el año (Figura 16).

La cosecha del maíz se realiza en los meses de noviembre y diciembre, después de haber permanecido en el campo aproximadamente 60-90 días para que se seque la mazorca. Sobre la cosecha del sorgo, Thurston (1994) señala que ocurre durante el mes de enero y consiste en cortar la planta de sorgo a una altura de 15 a 20 cm sobre la superficie del suelo. Una vez cortado, se deja en el campo durante unos 15 días, y pasado este período se procede a cortar la patoja, dejándola sobre la superficie del suelo y esparcido en el terreno.

La fase 2 se da al finalizar la cosecha; algunos agricultores alquilan el terreno para que el ganado pastoree durante los meses secos, pero se tiene cuidado de que el ganado no consuma todo el rastrojo y de que quede una parte como mantillo (Thurston, 1994). Antes del inicio de la temporada de lluvias (junio - julio), se realiza una nueva limpieza del terreno para el inicio de la fase 3.

La fase 3 corresponde al cultivo de maíz y frijol. El maíz se siembra al inicio de la fase entre los meses de junio y julio. Al cabo de uno o dos meses de establecimiento se hace un control de malezas y se prepara el suelo para la siembra del frijol (agosto - septiembre). Entre los meses de septiembre y octubre se realiza una poda de las leguminosas leñosas para producción del mantillo. El arranque y la cosecha del frijol ocurren entre octubre y noviembre, y la cosecha del maíz se produce en diciembre.

El maíz se suele producir durante 4-5 años y luego se mantiene barbecho por 5-6 años, aunque hay agricultores que no hacen barbecho. Los productores también aplican fertilizantes químicos en áreas recién establecidas, principalmente fórmulas completas y a veces una segunda fertilización del suelo usando urea. Por ejemplo, se utilizan 250 kg/ha de 20-20-20, distribuidos en dos aplicaciones: 150 kg/ha en los primeros 10 días después de la siembra y 100 kg/ha de fertilizante al 46% y luego a los 35-40 días después de la siembra. Estos niveles permiten maximizar los rendimientos del grano de maíz. Es importante indicar que las aplicaciones de los fertilizantes requieren que exista suficiente humedad en el suelo. También hay manejo sin aplicación de fertilizantes químicos, con mezclas de ceniza, rastrojo y suelo. Después de seis años de manejo, la fertilidad del suelo mejora y no se necesita aplicar fertilizante.



© CATIE / J. Ríos

FIGURA 16: FORMA EN QUE SE PODAN LOS ÁRBOLES DENTRO DEL KUXUR RUM PARA QUE LOS CULTIVOS QUEDEN SIN SOMBRA.

Las malezas compiten con las plantas de maíz durante su crecimiento. La mayor competencia se observa durante los primeros 35-40 días después de la siembra. El manejo de las malezas ocupa una gran cantidad de mano de obra en los diferentes sistemas de producción de maíz, lo que provoca un incremento en los costos de producción. Generalmente, la deshierba se realiza utilizando azadón o machete, con dos o tres limpiezas por ciclo de cultivo. En algunos casos, algunos productores utilizan químicos para el control de maleza, pero se recomienda reducir esta práctica.

4.2.3. ESPECIES

Los árboles de madre cacao (*Gliricidia sepium*) se plantan normalmente a 6x1 m, equivalentes a una densidad de 1.667 árboles/ha, junto con un número variable de árboles útiles (e.g. maderables) de regeneración natural, a bajas densidades dentro de las parcelas o en los linderos. El arreglo disperso no obedece a un esquema rígido, sino que se da en función del espacio disponible, el gusto del productor, la forma de la parcela, la distribución de los suelos, las fuentes de agua y las pendientes (Posada, 2012).

Los sistemas de callejones como los KR son caracterizados por la alta densidad de leguminosas leñosas en las líneas, lo que favorece una buena producción de mantillo para el cultivo asociado. Los agricultores reportan que a veces instalan los árboles en surcos de 4 m de distancia (lo que equivale a una densidad de 2.500 árboles/ha) con el argumento de que, con más árboles, el suelo estará más húmedo para el cultivo.



Posada (2012) reportó que el 50% de productores que entrevistó combinaba otros árboles maderables con madre cacao, otro 25% utilizaba frutales además de madre cacao y maderables, y el 25% restante agregaba también otras especies. Dentro de las especies maderables asociadas con *Gliricidia sepium* destacan: leucaena (*Leucaena spp.*), plumajillo (*Schizolobium parahyba*), caulote (*Guazuma ulmifolia*), caoba (*Swietenia humilis*, *S. macrophylla*), cedro (*Cedrela odorata*), laurel (*Cordia gerascanthus*), capulín (*Prunus salicifolia*), roble (*Quercus oleoides*), eucalipto (*Eucalyptus spp.*), granadillo (*Dalbergia laevigata*), ciprés (*Cupressus lusitanica*) y quebracho (*Lysiloma auritum*). Las especies frutales mayormente encontradas fueron nance (*Byrsonima crassifolia*), mango (*Mangifera indica*), cítricos (*Citrus spp.*), mamey (*Mammea americana*), aguacate (*Persea americana*) y bananos o plátanos (*Musa spp.*) (Figura 17).

Otras especies comunes en el KR son piña (*Ananas comusus*), palma real (*Sabal mexicana*) y maguey (*Agave spp.*). Con el maguey y la palma real (Figura 18) los productores elaboran artesanías (por ejemplo, hamacas y morrales), redes, lazos y escobas, o utilizan las hojas de la palma real para reparar o elaborar techos de casas y para fabricar sombreros, con lo cual este sistema agroforestal contribuye a diversificar aún más los ingresos. Del maguey también pueden obtenerse otros artículos, como concentrados de aguamiel, mieles, jarabe, vinagre, jabones, champú, forraje y extractos medicinales, entre otros.

Los agricultores dan preferencia a las variedades resistentes a la sequía, pero que también tengan buena aceptación en el mercado local. Las variedades que produzcan granos de colores o texturas diferentes a los que está acostumbrado el mercado son menos utilizadas por los productores.

© CATIE / J. Ríos



FIGURA 17: FRUTALES INTERCALADOS DENTRO DE UN SISTEMA KUXUR RUM TRADICIONAL DE ZACAPA, GUATEMALA.



© CATIE / J. Ríos

FIGURA 18: PALMA REAL INTERCALADA EN UN SISTEMA KUXUR RUM REPRESENTATIVO DE CHIQUIMULA, GUATEMALA.



5. BIENES Y SERVICIOS

5.1. RENDIMIENTO DE GRANOS BÁSICOS

FAO (2005) reportó que bajo el QS los rendimientos del maíz aumentaron a medida que fueron mejorando las condiciones físicas y químicas del suelo, producto del manejo de cobertura, poda de árboles, mejor control de malezas, incremento en la humedad y materia orgánica. Estas mejoras graduales de la calidad del suelo permitieron aumentar de forma paulatina el rendimiento de maíz de 0,94 a 3,0 t/ha (Castro *et al.*, 2010). También aumentó el rendimiento del frijol, de manera proporcional al número de años de QS en el terreno. Así, se encontraron rendimientos de 0,56 t/ha en QS menores de 2 años, que se incrementaban un 2% cuando el QS tenía de 5 - 7 años y en un 8% en QS de más de 10 años. Los productores entrevistados en los municipios de Orocuina y Pespire (departamento de Choluteca) durante el estudio mencionado anteriormente reportaron que antes, en un área de 628 m²(¹), obtenían una cosecha de 365 kg/ha de maíz. Con la utilización del QS, esa misma área les producía ahora hasta 947 kg/ha. Lo mismo sucedía con el frijol: antes, en esa misma área, se cosechaban 546 kg/ha y con el QS se logran hasta 874 kg/ha.

Con el sistema Quesungual, muchos productores y familias rurales obtienen leña con valores de producción entre 5-6 m³/ha/año (Gamboa *et al.*, 2009). Estos rendimientos podrían incrementarse mediante un mejor manejo silvícola de las especies leñosas y permitirles obtener mayores beneficios de otros productos. La disponibilidad de leña en la parcela QS evita que la familia dedique tiempo a recolectarla fuera de la finca.

En el caso del KR, cuando los productores obtienen rendimientos altos de maíz reportan hasta 4 t/ha, aunque el promedio es bajo, de 1,0-1,2 t/ha, lo cual es inferior al promedio nacional (1,77 t/ha). Sin embargo, los productores indican que el rendimiento del maíz en la zona de estudio sin árboles es un 40% menor que con KR, unas 0,6 - 0,7 t/ha. Posada (2012) indica que, en Camotán y Jocotán, los productores con KR producen entre 0,9 y 0,5 t/ha de maíz, respectivamente, mientras que sin KR producen entre 0,6 y 0,3 t/ha. Para el caso del frijol, Jocotán reportó mayores rendimientos medios que Camotán (0,4 y 0,3 t/ha respectivamente).

1. Unidad de medida de área conocida localmente como "tarea" (1 tarea = 628 m²)



5.2. INFILTRACIÓN Y CONTENIDO DE AGUA EN EL SUELO

Rivera (2008) encontró que, a 45 días después de la siembra, el QS suministra mayor cantidad de agua para los cultivos que el sistema de tala y quema (TQ), y de forma muy similar al bosque secundario (BS) (Figura 19). Otros estudios han mostrado las bondades del QS en términos de infiltración de agua en el suelo (Figura 20).

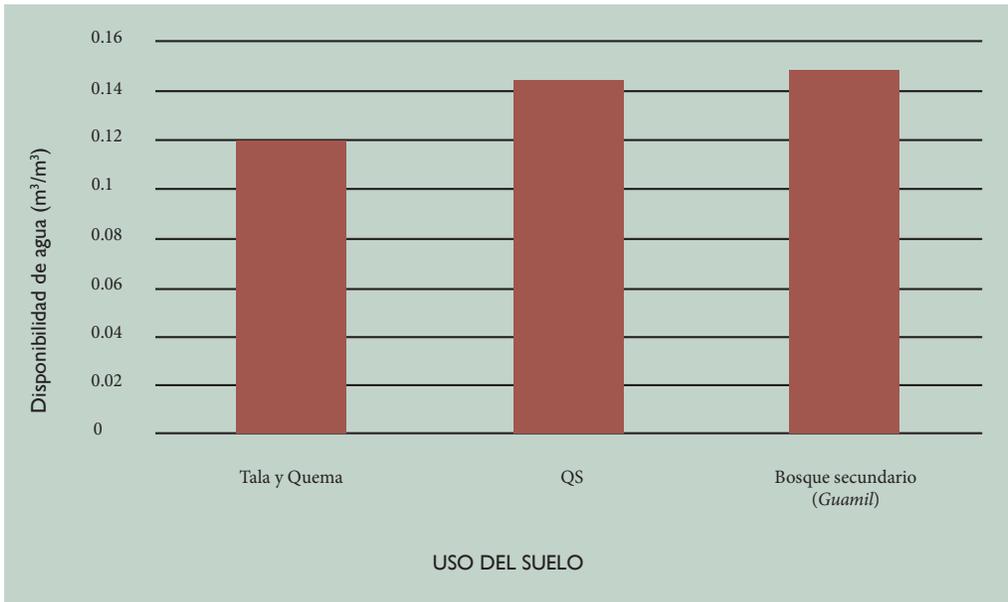
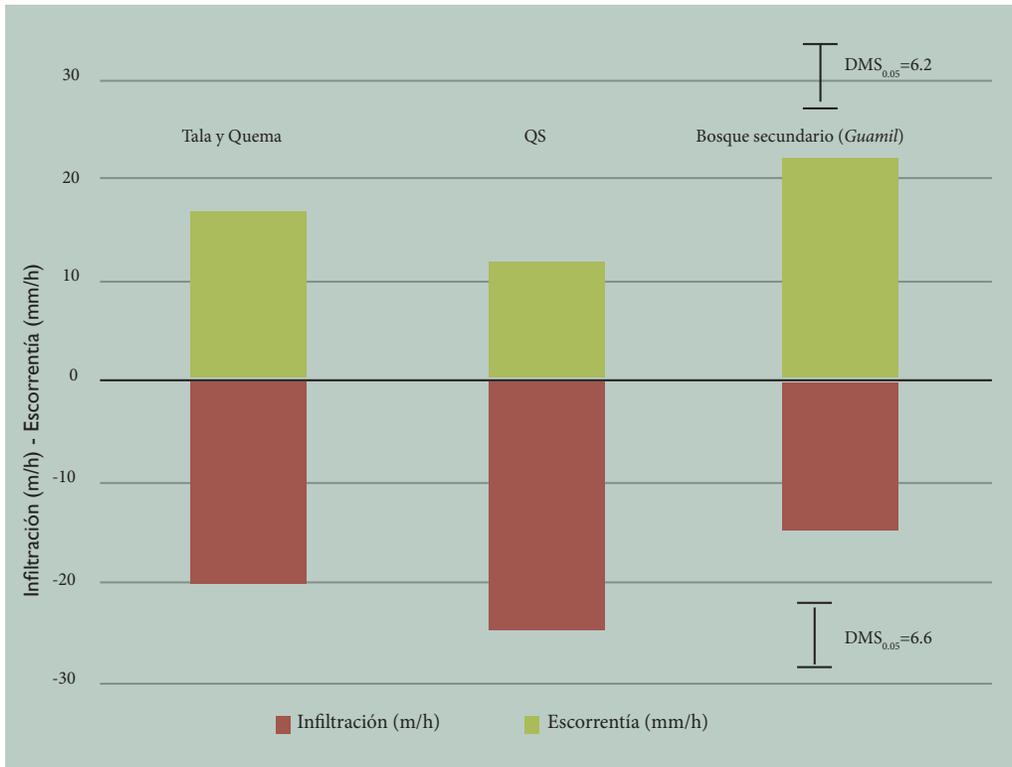


FIGURA 19: DISPONIBILIDAD DE AGUA EN EL SUELO CON TRES TIPOS DIFERENTES DE USO. RIVERA ET AL., 2009.

En el caso del KR, Ríos *et al.* (2016) desarrollaron en 2016 un estudio sobre escurrimiento superficial y erosión hídrica en sistemas de KR de cuatro, siete y catorce años de antigüedad en los municipios de Jocotán, San Juan Ermita y Camotán, en Guatemala. En dicho estudio se encontró que el contenido de agua en el suelo, la humedad volumétrica y la lámina de agua era dos veces mayor en sistemas KR que en sistemas convencionales; los KR de diferentes edades no difirieron entre sí. Las diferencias entre sistemas de cultivo y en la profundidad del suelo fueron significativas, independientemente de si la humedad se expresa % de humedad, agua volumétrica o lámina de agua (Cuadro 2 y Figuras 21, 22 y 23). Los resultados obtenidos concuerdan con los encontrados por Ríos (2006), quien reporta que los sistemas con árboles tienden a conservar mayor humedad de agua en el suelo, favoreciendo las condiciones de desarrollo de los cultivos. Asimismo, en experiencias de establecimiento del Quesungual (sistema similar al Kuxur Rum) desarrolladas en Centroamérica, mejoraron los porcentajes de retención de humedad hasta en un 2% respecto a los otros sistemas (PESA/SEL/PRONADERS/SAG, 2006).



*Mejor adaptación de cultivos a época seca con SAQ: menor escorrentía – mayor infiltración

FIGURA 20. INFILTRACIÓN DE AGUA EN EL SUELO BAJO SISTEMA TRADICIONAL DE TALA-QUEMA, SISTEMA QUESUNGUAL Y BOSQUE SECUNDARIO. ADAPTADO DE CIAT (2009).



CUADRO 2. CONTENIDO DE AGUA EN EL SUELO, DENSIDAD APARENTE (DA), HUMEDAD VOLUMÉTRICA Y LÁMINA DE AGUA EN SISTEMAS DE CULTIVO DE GRANOS BÁSICOS CONVENCIONAL Y KUXUR RUM DE 4, 7 Y 14 AÑOS DE EDAD, EN LOS MUNICIPIOS CAMOTÁN, JOCOTÁN Y SAN JUAN ERMITA, CHIQUIMULA, GUATEMALA (PESA/SEL/PRONADERS/SAG, 2006).

MUNICIPIO	SISTEMA	AGUA EN SUELO (%)			DA (GCM-3)	HUMEDAD VOLUMÉTRICA (%)		LÁMINA DE AGUA (MM)	
		0 - 15 cm	15 - 30 cm			0 - 15 cm	15 - 30 cm	15 cm	30 cm
CAMOTÁN	Convencional	5,44	5,79	0,94	5,11	5,44	7,66	16,33	
	KR-04	13,28	11,65	1,05	13,99	12,27	20,98	36,81	
	KR-07	10,81	11,05	0,98	10,56	10,79	15,84	32,38	
	KR-14	9,32	8,91	1,27	11,84	11,32	17,76	33,95	
JOCOTÁN	Convencional	5,72	7,31	1,26	7,22	9,24	10,84	27,72	
	KR-04	11,04	13,25	1,21	13,32	15,99	19,98	47,98	
	KR-07	9,13	9,80	1,07	9,77	10,49	14,66	31,46	
	KR-14	10,20	14,56	1,13	11,49	16,40	17,23	49,21	

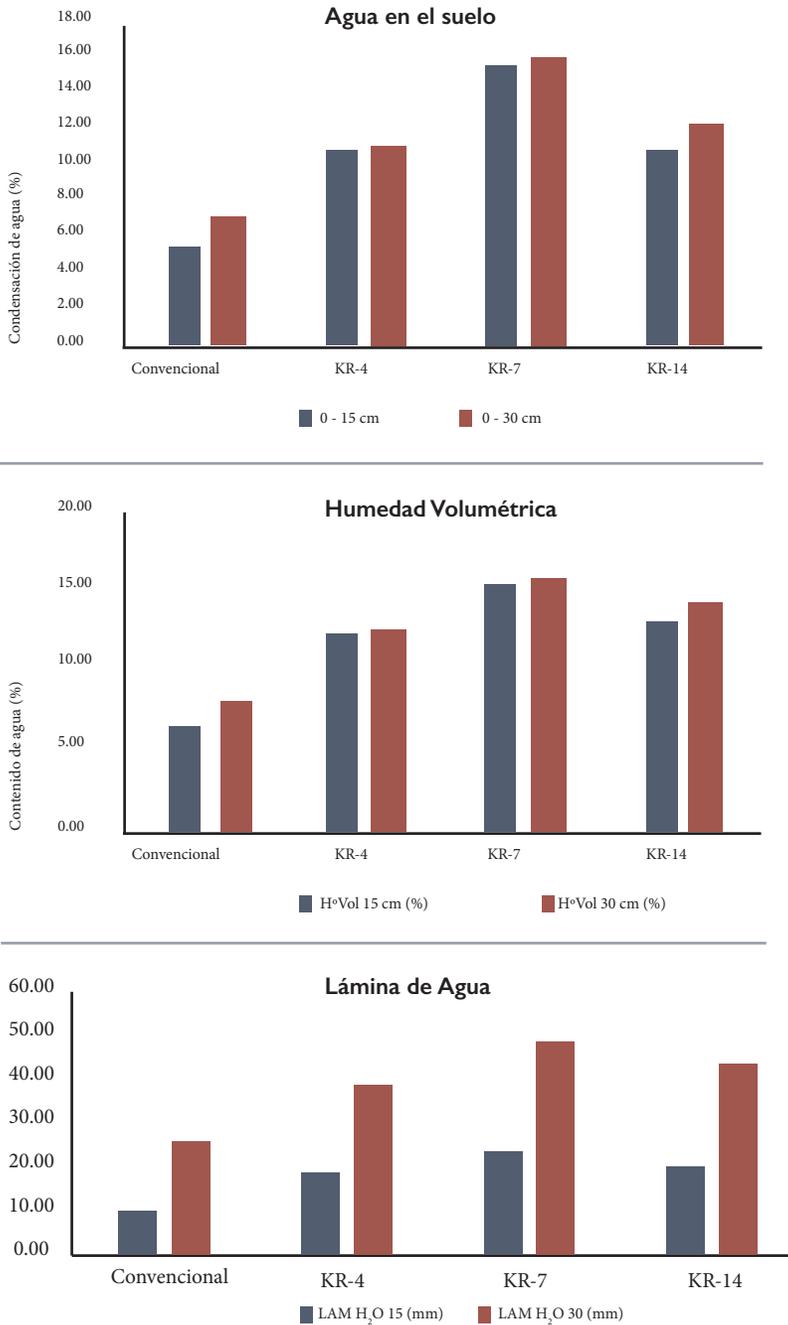


FIGURA 21: CONTENIDO DE AGUA EN EL SUELO (%), HUMEDAD VOLUMÉTRICA (%) Y LÁMINA DE AGUA (MM) A DOS PROFUNDIDADES DE SUELO EN SISTEMAS DE CULTIVO DE GRANOS BÁSICOS CONVENCIONAL Y KUXUR RUM DE 4, 7 Y 14 AÑOS DE EDAD, EN LOS MUNICIPIOS DE CAMOTÁN, JOCOTÁN Y SAN JUAN ERMITA, CHIQUIMULA, GUATEMALA (PESA/SEL/PRONADERS/SAG, 2006).



Agua en el suelo, humedad volumétrica y lámina de agua

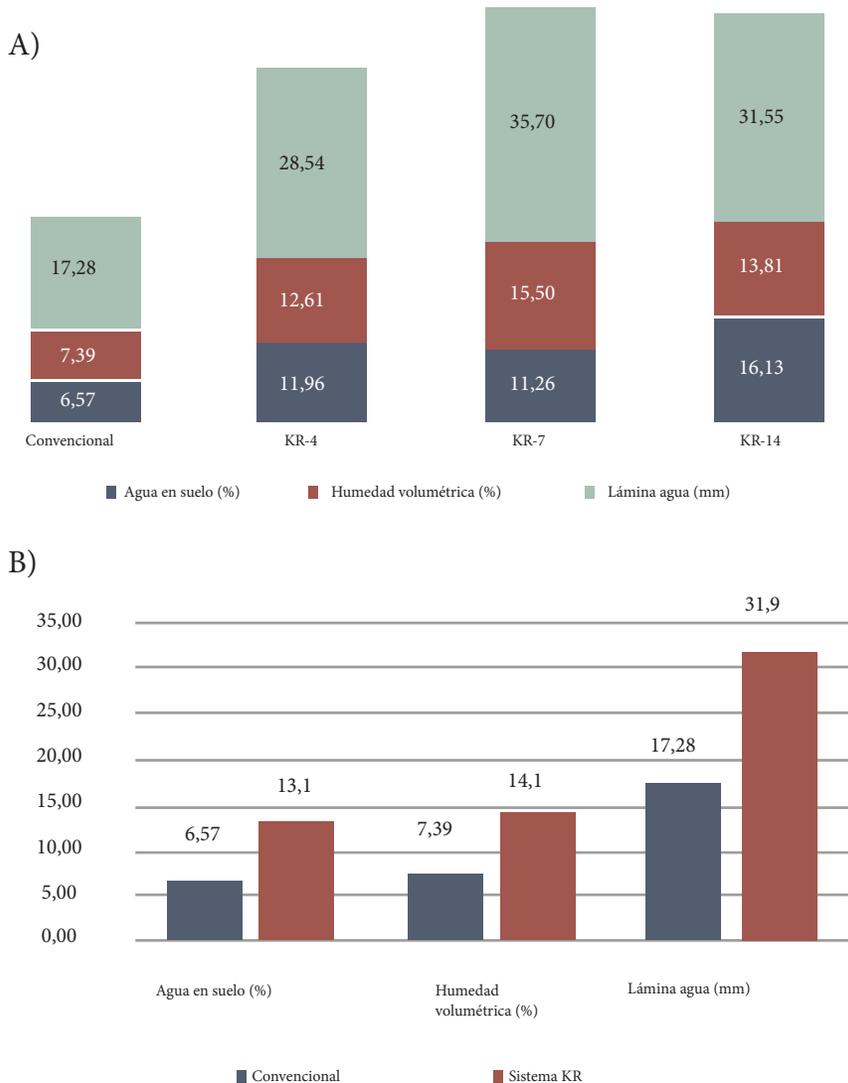


FIGURA 22. CONTENIDO DE AGUA EN EL SUELO (%), HUMEDAD VOLUMÉTRICA (%) Y LÁMINA DE AGUA (MM) A DOS PROFUNDIDADES DE SUELO EN SISTEMAS DE CULTIVO DE GRANOS BÁSICOS CONVENCIONAL Y KUXUR RUM DE 4, 7 Y 14 AÑOS DE EDAD, EN LOS MUNICIPIOS DE CAMOTÁN, JOCOTÁN Y SAN JUAN ERMITA, CHIQUIMULA, GUATEMALA (PESA/SEL/PRONADERS/SAG, 2006).

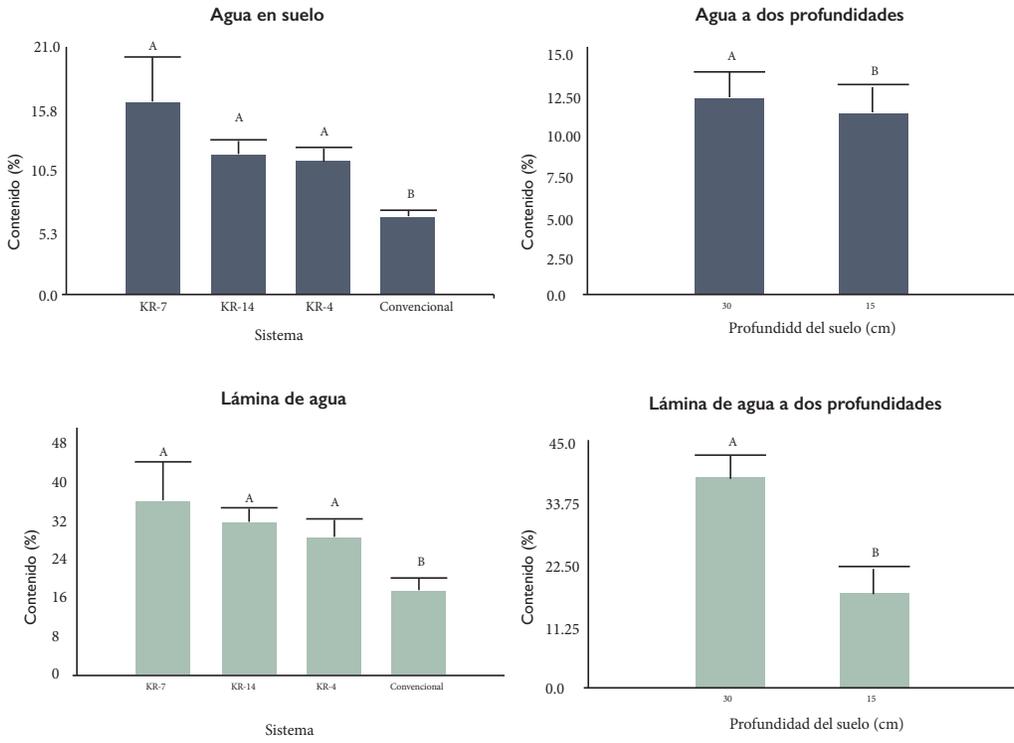


FIGURA 23: ANÁLISIS DE VARIANZA DEL CONTENIDO DE AGUA EN EL SUELO (%), HUMEDAD VOLUMÉTRICA (%) Y LÁMINA DE AGUA (MM) A DOS PROFUNDIDADES DE SUELO EN SISTEMAS DE CULTIVO DE GRANOS BÁSICOS CONVENCIONAL Y KUXUR RUM DE 4, 7 Y 14 AÑOS DE EDAD, EN LOS MUNICIPIOS CAMOTÁN, JOCOTÁN, Y SAN JUAN ERMITA, CHIQUIMULA, GUATEMALA. MEDIAS CON UNA MISMA LETRA COMÚN NO SON SIGNIFICATIVAMENTE DIFERENTES ($P > 0.05$) (PESA/SEL/PRONADERS/SAG, 2006).

RECUADRO 3: UNA DE LAS BONDADES DEL SISTEMA AGROFORESTAL QUESUNGUAL ES LA CONSERVACIÓN DEL SUELO, REDUCIENDO SIGNIFICATIVAMENTE LA PÉRDIDA POR EROSIÓN (CASTRO EL AL., 2009).



5.3. ESCORRENTÍA SUPERFICIAL Y EROSIÓN LAMINAR DEL SUELO

Castro *et al.* (2009) compararon la pérdida de suelo por erosión en Quesungual, sistema de tala y quema y bosque secundario, resultando una erosión acumulada en los tres años de alrededor de 65 t/ha en tala y quema frente a 10 t/ha en Quesungual, mientras que en bosque secundario se observó la erosión más baja con 2 t/ha (Figura 24). El Quesungual pierde mucho menos suelo por erosión que el sistema de tala y quema tradicional (Castro *et al.*, 2009).

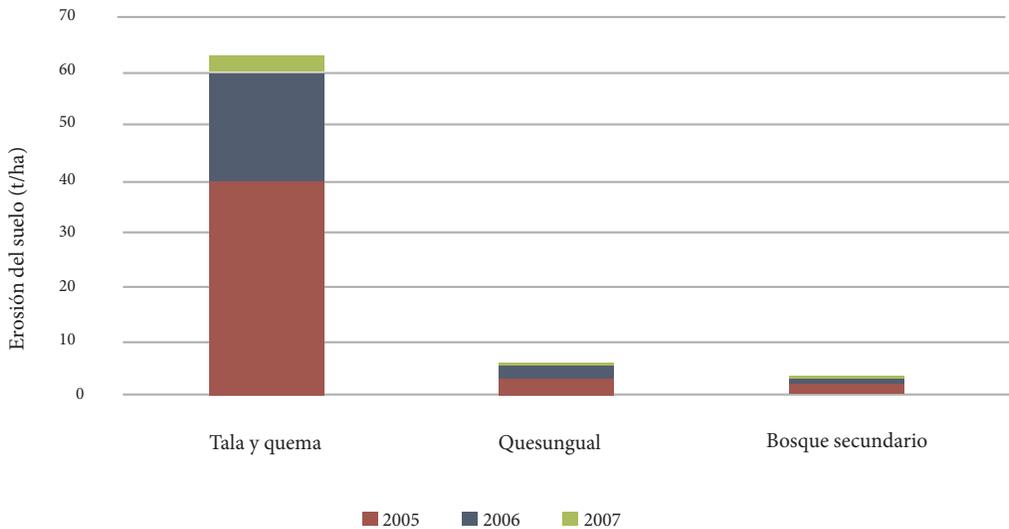


FIGURA 24: EROSIÓN DE SUELO ACUMULADA BAJO TRES TIPOS DE USO (CASTRO ET AL., 2009).

Ríos *et al.* (2016) observaron cómo los sistemas KR cumplen la expectativa de mantener mayor proporción del suelo cubierto con biomasa viva o muerta que los sistemas convencionales, y de ofrecer menor resistencia a la penetración; los KR también mostraron menor presencia de piedras (Figuras 25-26).

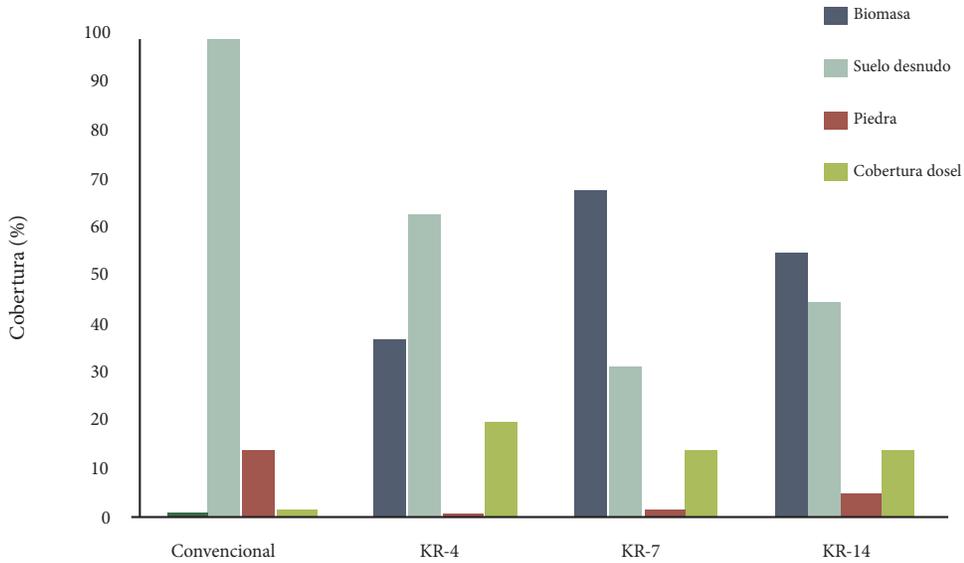


FIGURA 25: COBERTURA DEL SUELO EN SISTEMAS DE CULTIVO DE GRANOS BÁSICOS CONVENCIONAL Y KUXUR RUM DE 4, 7 Y 14 AÑOS DE EDAD EN LOS MUNICIPIOS DE CAMOTÁN, JOCOTÁN Y SAN JUAN ERMITA, CHIQUIMULA, GUATEMALA (RÍOS ET AL., 2016).

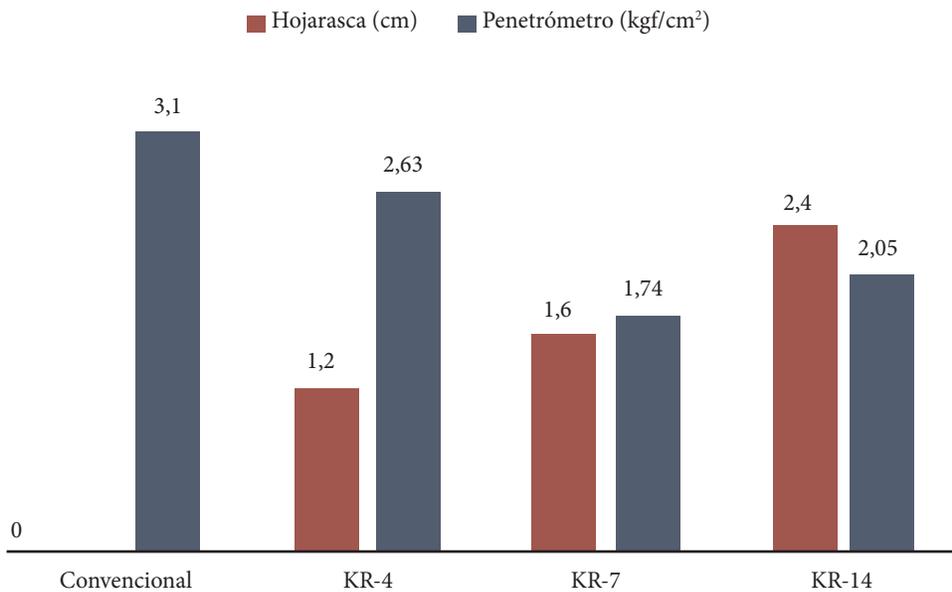


FIGURA 26: ESPESOR DE LA HOJARASCA Y RESISTENCIA DEL SUELO A LA PENETRACIÓN EN LOS SISTEMAS DE CULTIVO DE GRANOS BÁSICOS CONVENCIONAL Y KUXUR RUM DE 4, 7 Y 14 AÑOS DE EDAD EN LOS MUNICIPIOS DE CAMOTÁN, JOCOTÁN Y SAN JUAN ERMITA, CHIQUIMULA, GUATEMALA (RÍOS ET AL 2016).



Los resultados también demuestran que el sistema KR sufre menos erosión laminar del suelo que el sistema de cultivo convencional de granos básicos. El sistema convencional presentó hasta cuatro veces mayor escurrimiento que los sistemas KR. La reducción en escurrimiento superficial y erosión aumenta además con la edad del KR.

Los umbrales de escorrentía (cantidad de lluvia requerida para que ocurra un escurrimiento superficial) fueron menores para los sistemas de cultivo convencional que para los KR. El umbral de escurrimiento aumenta con la edad del KR (Figura 27). En promedio se requieren 6,3 mm de lluvia para generar escurrimiento en el sistema convencional y 8,2 mm en los sistemas Kuxur Rum (Figura 28). Estos resultados coinciden con los reportados por otros estudios (Ayarza y Welches, 2004; CIAT, 2009; Derpsch, 2006; Huber e Iroumé, 2001; Huber y Trecaman, 2000; Programa Bosques y Agua/GIZ, 2016; Putuhena y Cordery, 2000; Ríos, 2006; Salas, 2010).

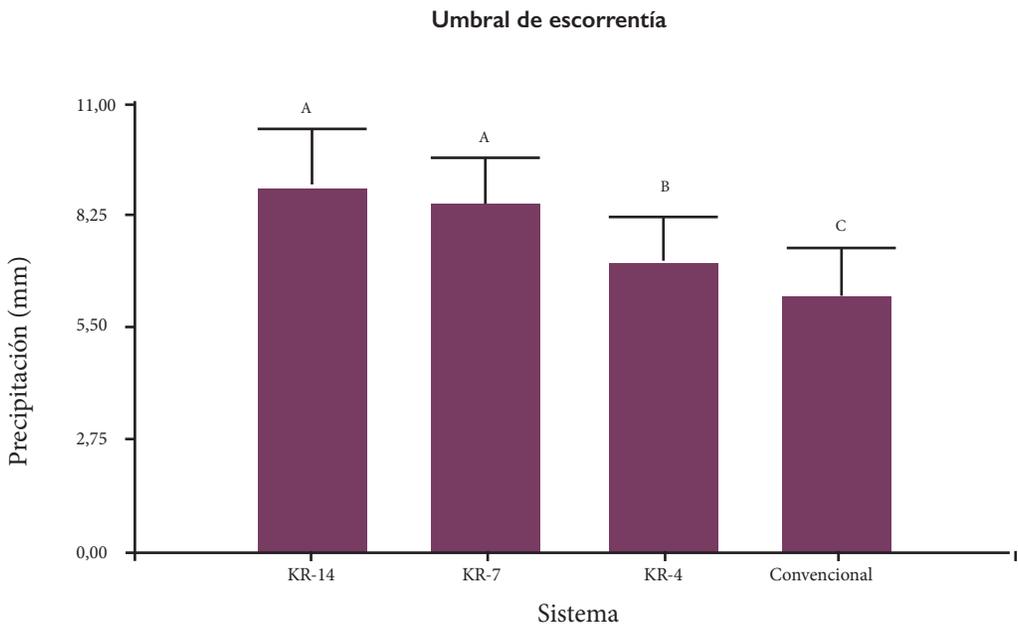


FIGURA 27: ANÁLISIS DE VARIANZA DEL UMBRAL DE ESCURRIMIENTO EN LOS SISTEMAS CONVENCIONAL Y KR A DIFERENTES EDADES EN LOS MUNICIPIOS DE CAMOTÁN, JOCOTÁN Y SAN JUAN ERMITA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, CORREDOR SECO DE GUATEMALA. MEDIAS CON UNA LETRA COMÚN NO SON SIGNIFICATIVAMENTE DIFERENTES ($P > 0,05$) (RÍOS ET AL., 2016).

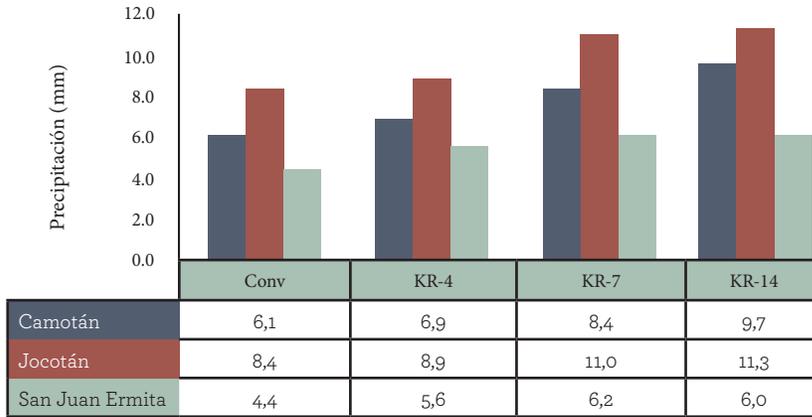


FIGURA 28: UMBRAL DE ESCURRIMIENTO EN SISTEMAS DE CULTIVO DE GRANOS BÁSICOS CONVENCIONAL Y KUXUR RUM DE 4, 7 Y 14 AÑOS DE EDAD EN LOS MUNICIPIOS CAMOTÁN, JOCOTÁN Y SAN JUAN ERMITA, CHIQUIMULA, GUATEMALA (RÍOS ET AL., 2016).

Ríos *et al.* (2016) realizaron un análisis de varianza y detectaron efectos significativos en los sistemas de cultivo y en la interacción entre sistema de cultivo y cantidad de lluvia (Cuadro 3); el efecto lluvia fue significativo para erosión, pero no para escurrimiento. Los interceptos y las pendientes de las líneas de regresión entre escurrimiento (o erosión) y cantidad de lluvia fueron diferentes entre los sistemas convencionales y el KR de 7 años de edad; pero no se detectaron diferencias en los interceptos y pendientes entre sistemas convencionales y KR de 4 o 14 años (Figura 27). Los sistemas convencionales presentaron 4 veces más escurrimiento superficial y erosión del suelo que los sistemas KR; entre sistemas KR el escurrimiento y erosión fue menor en sistemas de 14 y 7 años (Figuras 30-31).



CUADRO 3. ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL (%) Y EROSIÓN LAMINAR DEL SUELO (G 20M-2) EN SISTEMAS DE CULTIVO DE GRANOS BÁSICOS CONVENCIONAL Y KUXUR RUM DE 4, 7 Y 14 AÑOS DE EDAD EN LOS MUNICIPIOS CAMOTÁN, JOCOTÁN Y SAN JUAN ERMITA, CHIQUIMULA, GUATEMALA (RÍOS ET AL 2016).

SISTEMA	ESCURRIMIENTO (ARCOSENO $\sqrt{(\%/100)}$)	EROSIÓN (G 20M-2)
Convencional	0,87a	1,18a
KR-04	0,43b	0,56b
KR-07	0,14c	0,22c
KR-14	0,07c	0,09c

Nota: Letras diferentes en una columna indican diferencias estadísticamente significativas.

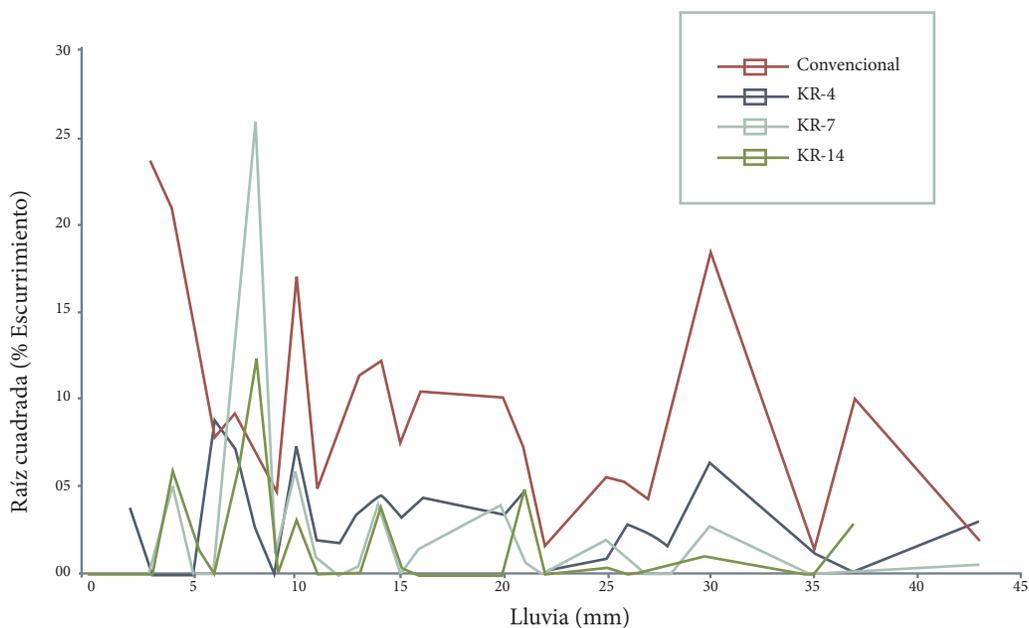


FIGURA 29: ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL EN FUNCIÓN DE LA CANTIDAD DE LLUVIA CAÍDA EN SISTEMAS DE CULTIVO DE GRANOS BÁSICOS CONVENCIONAL Y KUXUR RUM DE 4, 7 Y 14 AÑOS DE EDAD EN LOS MUNICIPIOS CAMOTÁN, JOCOTÁN Y SAN JUAN ERMITA, CHIQUIMULA, GUATEMALA (RÍOS ET AL., 2016).

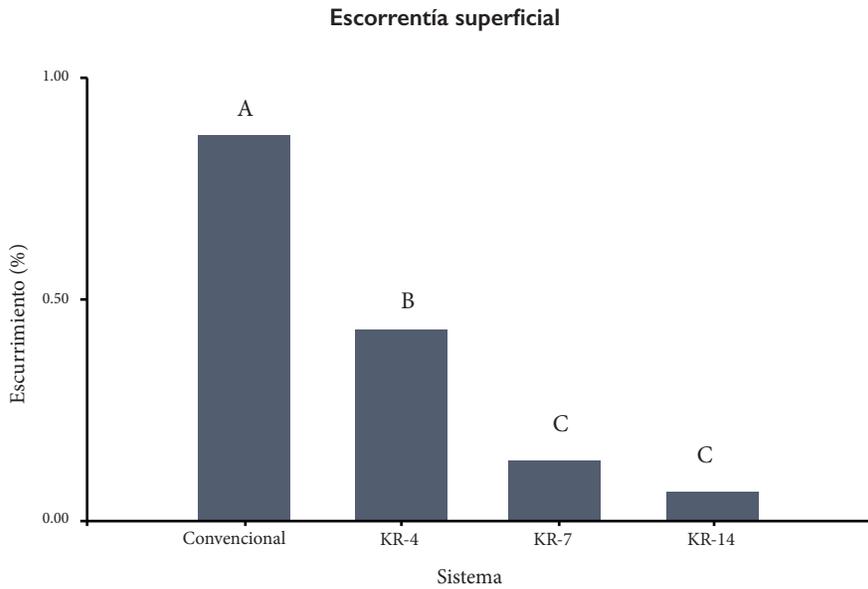


FIGURA 30: ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN SISTEMAS DE CULTIVO DE GRANOS BÁSICOS CONVENCIONAL Y KUXUR RUM DE 4, 7 Y 14 AÑOS DE EDAD EN LOS MUNICIPIOS CAMOTÁN, JOCOTÁN Y SAN JUAN ERMITA, CHIQUIMULA, GUATEMALA. MEDIAS CON UNA LETRA COMÚN NO SON SIGNIFICATIVAMENTE DIFERENTES ($P > 0.05$) (RÍOS ET AL., 2016).

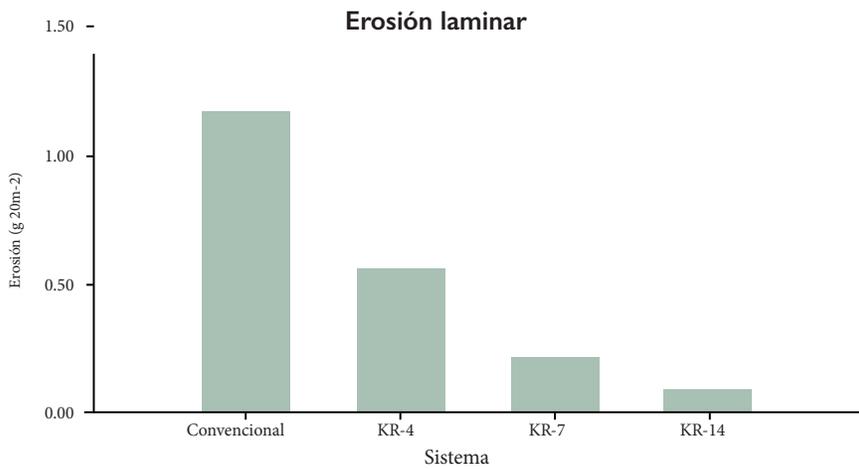


FIGURA 31: EROSIÓN LAMINAR EN SISTEMAS DE CULTIVO DE GRANOS BÁSICOS CONVENCIONAL Y KUXUR RUM DE 4, 7 Y 14 AÑOS DE EDAD EN LOS MUNICIPIOS CAMOTÁN, JOCOTÁN Y SAN JUAN ERMITA, CHIQUIMULA, GUATEMALA (RÍOS ET AL., 2016).



5.4. DINÁMICA DE NUTRIENTES Y PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE LOS SUELOS

RECUADRO 4: LA PODA DE ÁRBOLES EN QS PROPORCIONA UNA GRAN CANTIDAD DE BIOMASA AL SUELO, LO QUE PERMITE UN RECICLAJE DE NUTRIENTES DE MANERA SOSTENIBLE Y CON NIVELES TAN ALTOS COMO LOS DE TALA Y QUEMA (CASTRO ET AL., 2009).

Castro *et al.* (2010), al comparar cinco sistemas para producir maíz y frijol (tala y quema tradicional, bosque secundario y tres QS de diferentes edades -menor de 2 años, de 5 a 7 y menor de 10 años-), encontraron similitudes en la dinámica del nitrógeno (N) entre tala y quema y QS, siendo ambos igualmente eficientes en la provisión de N (Figura 32), aunque en el caso del QS esto es el resultado de procesos biológicos. Los reservorios de fósforo (P) fueron más dinámicos y favorables en el QS, con menos flujos hacia formas no disponibles para los cultivos. De esta forma, los rendimientos del maíz (1,7-2 t/ha) fueron un 88% mayores en el QS que en el sistema de tala y quema (<1 t/ha). A diferencia del maíz, el rendimiento del frijol, aunque bajo (equivalente a 0,56 t/ha), se incrementó ligeramente con el tiempo de uso del QS en la parcela: 2% en QS de 5 - 7 años y 8% en QS < 10 años.

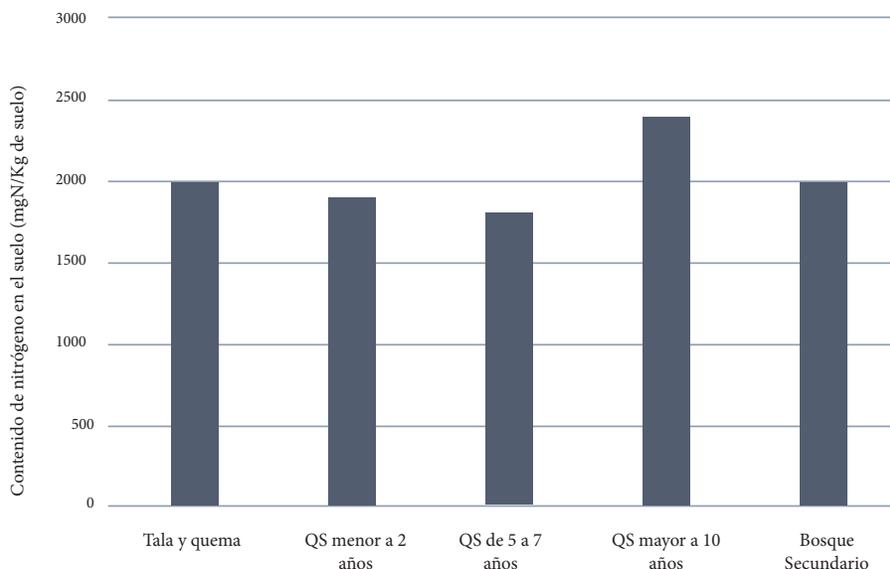


FIGURA 32: CONTENIDO DE NITRÓGENO EN EL SUELO BAJO CINCO TIPOS DE USO DE LA TIERRA. QS = QESUNGUALES (CASTRO ET AL., 2009).



En general, aunque existen algunas diferencias significativas entre los sistemas estudiados en algunas variables medidas, los suelos de las parcelas estudiadas en los tres municipios son bastante similares entre sí (ver Cuadro 4). Se detectaron diferencias significativas en pH, potasio, calcio y limo. Materia orgánica, carbono, fósforo y concentraciones de arcilla y arena no presentaron diferencias estadísticamente significativas (ver Cuadro 5) (Castro *et al.*, 2009).

CUADRO 4. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE LOS SUELOS DE SISTEMAS DE CULTIVOS DE GRANOS BÁSICOS CONVENCIONAL Y KUXUR RUM DE 4, 7 Y 14 AÑOS DE EDAD EN LOS MUNICIPIOS CAMOTÁN, JOCOTÁN Y SAN JUAN ERMITA, CHIQUIMULA, GUATEMALA. CALCIO Y MAGNESIO EN MEQ/100 G SUELO; POTASIO Y FÓSFORO MEDIDOS EN PPM (CASTRO ET AL., 2009).

SISTEMA	MUNICIPIO	PH	K	CA	MG	P
Convencional	Camotán	6,54	176,6	5,28	1,31	29,3
KR-04	Camotán	6,29	133,46	7,11	1,56	58,12
KR-07	Camotán	6,41	201,2	8,48	1,49	84,86
Kr-14	Camotán	6,35	176,39	6,08	1,56	84,86
Convencional	Jocotán	6,24	96,41	8,74	0,67	8,6
KR-04	Jocotán	6,41	61,79	8,73	0,53	9,07
KR-07	Jocotán	6,29	57,74	7,63	0,54	6,58
Kr-14	Jocotán	6,33	116,09	4,2	0,78	28,48
Convencional	San Juan Ermita	6,47	233,85	6,88	1,42	89,05
KR-04	San Juan Ermita	6,18	110,96	6,24	1,36	45,17
KR-07	San Juan Ermita	5,99	241,66	6,98	1,51	53,1
Kr-14	San Juan Ermita	6,32	108,86	7,59	1,36	52,3



CUADRO 5. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS SUELOS DE SISTEMAS DE CULTIVOS DE GRANOS BÁSICOS CONVENCIONAL Y KUXUR RUM DE 4, 7 Y 14 AÑOS DE EDAD EN LOS MUNICIPIOS CAMOTÁN, JOCOTÁN Y SAN JUAN ERMITA, CHIQUIMULA, GUATEMALA (CASTRO ET AL., 2009).

SISTEMA	MUNICIPIO	MO	CARBONO ORGÁNICO	ARCILLA	LIMO	ARENA	CLASE TEXTURAL
Convencional	Camotán	2,59	1,32	23,72	21,1	55,18	Arc-Are
KR-04	Camotán	2,91	1,52	49,04	35,87	15,09	Arc
KR-07	Camotán	2,98	1,56	44,82	46,42	8,76	Arc
Kr-14	Camotán	3,68	1,99	44,82	25,32	29,86	Arc
Convencional	Jocotán	5,47	3,11	49,04	37,98	12,98	Arc
KR-04	Jocotán	4	2,19	38,49	31,65	29,86	Fr-Arc
KR-07	Jocotán	4,06	2,23	44,82	31,65	23,53	Arc
Kr-14	Jocotán	3,36	1,79	27,94	21,1	50,96	Fr-Arc-Are
Convencional	San Juan Ermita	3,81	2,07	38,49	27,43	34,08	Fr-Arc
KR-04	San Juan Ermita	3,17	1,68	49,04	31,65	19,31	Arc
KR-07	San Juan Ermita	2,34	1,16	59,59	21,1	19,31	Arc

MO = materia orgánica, Arc = arcilloso, Are = arenoso y Fr = Franco



6. CONCLUSIONES

Los sistemas agroforestales Quesungual (QS) y Kuxur Rum (KR) son excelentes alternativas para la producción de granos básicos en el Corredor Seco Centroamericano. Ambos sistemas conllevan un conjunto de buenas prácticas que incluyen la no quema, la no roturación del suelo, el uso de mejores variedades y densidades de plantación de los cultivos, la cobertura permanente del suelo para conservar agua y favorecer la infiltración, una alta diversidad de especies arbóreas útiles, un mayor aporte de nutrientes al suelo y altos rendimientos sostenibles de los cultivos. Esto permite cultivar una parcela sin que se agote la tierra por períodos mucho más largos (10-15 años) que con el sistema tradicional de producción de granos básicos mediante tala y quema, el cual solo permite cultivar un mismo sitio de forma consecutiva durante alrededor de tres años o menos. Los productores que practican QS o KR son conscientes de que mediante estos conjuntos de buenas prácticas son más resilientes ante el cambio climático, gracias a la mayor diversidad de alimentos y otros productos de consumo básico que se obtienen a partir de estos sistemas.

Los sistemas QS y KR tienen características que los hacen apropiados y replicables en otras zonas secas centroamericanas, incluyendo:

- La reducción de riesgos para el cultivo de granos básicos, el mantenimiento y enriquecimiento de la calidad del suelo, y los aumentos en el rendimiento de los cultivos asociados.
- La reducción de la necesidad de fertilizantes químicos.
- Su base en el conocimiento tradicional y su fácil adaptación por parte de productores con liderazgo.
- Una alta compatibilidad con los sistemas agropecuarios existentes en las zonas secas.
- Múltiples propósitos, ya que además de alimentos se producen leña y muchos otros productos.
- En el caso del QS, se requiere relativamente poca mano de obra en el establecimiento y manejo del sistema.
- Con ambos sistemas se intensifica la producción agrícola y se liberan terrenos para que descance la tierra o para otros usos, incluyendo el pastoreo de bosques secundarios.
- El madreado o madre cacao (*Gliricidia sepium*), una especie nativa de la región, es la especie “abonera” más importante en ambos sistemas. Sin embargo, existen otras leguminosas que merecen atención, incluyendo: pata de venado (*Bauhinia spp.*), chaperno (*Lonchocarpus spp.*) y silimera (*Leucaena spp.*).
- La especie maderable más frecuente en ambos sistemas es el laurel (*Cordia alliodora*), la cual posee una combinación de atributos que favorecen su desarrollo en las condiciones de los campos de granos básicos (pionera de fácil regeneración a



plena luz, proyecta poca sombra, es resistente a herbicidas y no es apetecida por el ganado) y muy apreciada por sus cualidades como maderable (casas y muebles) y por su rápido crecimiento.

- Se reportaron pocos árboles frutales, salvo guayabo (*Psidium guajava*), nance (*Byrsonima crassifolia*), mango (*Mangifera indica*) y aguacate (*Persea americana*). En general se puede indicar que la diversidad arbórea del QS es más alta que la del KR, pero la diversidad de ambos sistemas agroforestales es más alta que la encontrada en otros sistemas agroforestales de la zona (por ejemplo, cercos vivos) y mucho mejor que la del sistema tradicional de producción de granos básicos mediante tala y quema. Sin embargo, los QS y KR tienen una diversidad arbórea mucho menor que la encontrada en el bosque seco de Honduras y Guatemala (ambos con aproximadamente 350 especies). Las especies dominantes de los QS y KR son especies pioneras que abundan en el paisaje, no incluyen especies de bosques clímax, de mayor interés para la conservación ecológica, y no incluyen especies amenazadas expuestas a degradación genética.
- Los pequeños agricultores que practican el QS y KR aprovechan las oportunidades de mercado del maíz y el frijol, una vez han satisfecho las necesidades de subsistencia de sus hogares. La madera, la fruta y la leña son utilizadas normalmente para autoconsumo; raras veces venden postes o leña, y si lo hacen es a productores cercanos o intermediarios que les compran en las fincas. Los volúmenes de venta para estos productos son insignificantes, en contraste con el elevado porcentaje de la producción que se dedica al autoconsumo familiar.



7. BIBLIOGRAFÍA

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

Banco Mundial (The World Bank, United States). 2015. World Bank Open Data. Disponible en: <http://data.worldbank.org/>

Barragán, J.O. 2004. *Main factors influencing maize production in the Quesungual agroforestry system in Southern Honduras: An exploratory study*. M.Sc. Thesis. Wageningen University, The Netherlands.

Boshier, D.; Hellin, J.; Finegan, B.; Kass, D. 2003. *La diversidad de América Central enriquece clima y suelos de la región. Árboles de Centroamérica: Un manual para extensionistas*. Oxford Forestry Institute and Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turriaba, Costa Rica. p.52-70.

Cairns, M.F. 2007. *Voices from the forest: Integrating indigenous knowledge into sustainable upland farming. Resources for the Future*. (RFF) Press, Washington DC, USA. 826 p.

Castro, A.; Menjívar, J.C.; Barrios, E.; Asakawa, N.; Borrero, G.; García, E.; Rao, I. 2009. *Dynamics of nitrogen and phosphorus in Quesungual Slash and Mulch Agroforestry System*. Poster paper presented at the 3rd Internal Scientific Poster Competition of CIAT, May 18-22, Palmira, Colombia.

Castro, A.; Menjívar, J.C.; Barrios, E.; Asakawa, N.; Borrero, G.; García, E.; Rao, I. 2009. *Quesungual slash and mulch agroforestry system (QSMAS), food security and resource quality in the sub-humid tropics*. CPWF project report. Cali, Colombia, CIAT. 97 p.

Castro, A.; Menjívar, J.C.; Barrios, E.; Asakawa, N.; Borrero, G.; García, E.; Rao, I. 2010. *Dinámica del nitrógeno y el fósforo del suelo bajo tres sistemas de uso de la tierra en laderas de Honduras*. ACTA AGRONÓMICA 59(4): 410-419.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical, Colombia). 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. Cali, Colombia. 64 p.



Derpsch, R. 2006. *Entender el proceso de la erosión y de la infiltración del agua en el suelo. Siembra Directa, Agricultura Sostenible en el Nuevo Milenio*. Disponible en: <http://www.rolf-derpsch.com/erosion-es.html>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2004. *Sistema agroforestal Kuxur Rum (mi tierra húmeda)*. (En línea). Consultado el 15 de enero de 2016. Disponible en <http://www.teca.fao.org>.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2005. *Sistema agroforestal Quesungual. Una opción para el manejo de suelos en zonas secas de ladera*. (En línea). Consultado 15 de enero de 2016. Disponible en <http://www.pesacentroamerica.org/biblioteca/doc-hon-feb/Quesungual.pdf>.

Funk, C. et al. 2015. *The climate hazards infrared precipitation with stations—a new environmental record for monitoring extremes*. Scientific Data, 2, p.150066. Disponible en: <http://chg.geog.ucsb.edu/data/chirps/>

Gamboa, H.; Gómez, W.; Ibrahim, M., 2009. *Sistema agroforestal Quesungual: una buena práctica de adaptación al cambio climático*. En Sepulveda, C.; Imbrahim, M. eds. *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*. Turriaba, Costa Rica. CATIE, pp. 47-68.

García, E.D. 2011. *Evaluación del impacto del uso ganadero sobre suelo y vegetación en el Sistema Agroforestal Quesungual (SAQ) en el sur de Lempira, Honduras*. M.Sc. Thesis. CATIE, Costa Rica. 120 p.

Hellin, J.; Welchez, L.A.; Cherret, I. 1999. *The Quezungual system: an indigenous agroforestry system from western Honduras*. Agroforestry Systems 46: 229 - 237.

Huber, A y IROUMÉ, A. 2001. *Variability of annual rainfall partitioning for different sites and forest covers in Chile*. Journal of Hydrology 248: 78-92.

Huber, A. y TRECAMAN, R. 2000. *El efecto de las características de una plantación de Pinus radiata en la distribución espacial del contenido de agua edáfica*. Bosque 21 (1): 37-44.

Kang, B.T. 1993. *Alley cropping: past achievements and future directions*. Agroforestry Systems, 23(2), pp.141-155.

Kang, B.T. 1997. *Alley cropping—soil productivity and nutrient recycling*. Forest Ecology and Management, 91(1), pp.75-82.



Kang, B.T.; Wilson, G.F. 1987. *The development of alley cropping as a promising agroforestry technology*. En H. A. Steppler & P. K. Nair, eds. *Agroforestry: A decade of development*. Nairobi, Kenya. International Council for Research in Agroforestry.

Kang, B.T., Reynolds, L. & Atta-Krah, A.N. 1990. *Alley Farming*. En N. C. B. T.-A. in *Agronomy*, ed. Academic Press, pp. 315-359.

Kass D. y Somarriba E. 1999. *Traditional fallows in Latin America*. *Agroforestry Systems* 47(1/3):13-36.

Jiménez, J.; Kass, D. y Jiménez, F. 1998. *El cultivo en callejones*. En F. Jiménez & A. Vargas, eds. *Apuntes de la clase del curso corto: Sistemas Agroforestales*. Turriaba, Costa Rica, pp. 257-277.

MARN (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Guatemala). 2009. *Manual de Agroforestería para Zonas Secas y Semiáridas*. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Guatemala/Mecanismo Mundial de la UNCCD.102 p.

Mendieta, M.; Rocha, L.R. 2007. *Sistemas Agroforestales*. Universidad Nacional Agraria. 38pp. Managua, Nicaragua.

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. (En línea). Consultado el 15 de septiembre de 2008. Disponible en http://www.pesacentroamerica.org/pesa_ca/ref_san_disponibilidad_tagropec.htm

Posada, C. 2012. *Impacto del sistema Agroforestal Kuxur Rum en la sostenibilidad de los medios de vida de las familias rurales y Camotán y Jocotán, Guatemala*. Tesis M.Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 152 p.

Programa Bosques y Agua/GIZ - *Plan Trifinio 2016. Monitoreo ambiental en zonas de recarga hídrica en el Trifinio. Efectos de sistemas agroforestales sobre la hidrología de suelos*. 94 p.

Putuhena, W.; y CORDERY, I. 2000. *Some hydrological of changing forest cover from eucalypts to Pinus radiata*. *Agricultural and Forest Meteorology* 100: 59-72.

Ríos, J.; Moscoso, B.; Ramírez, J.; García, L.; López, A.; Manchame, J.; Sepúlveda, C. y Somarriba, E. 2016. *Escurrecimiento superficial y erosión hídrica en sistemas de cultivo de granos básicos convencional o Kuxur Rum de 4, 7 y 14 años de edad, en los municipios Camotán, Jocotán y San Juan Ermita, Chiquimula, Guatemala*. Reporte de Consultoría. Documento interno. Producido por el CATIE para la FAO. 38p.



Ríos, N. 2006. *Comportamiento hidrológico de sistemas de producción ganadera convencional y silvopastoril en la zona de recarga hídrica de la subcuenca del Río Jabonal, cuenca del Río Barranca, Costa Rica*. Tesis, Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 116 p

Rivera, M. 2008. *Determinación de la dinámica del agua en el sistema agroforestal Quesungual e identificación de factores Suelo-planta para el mejoramiento de la productividad del agua en los cultivos*. Universidad Nacional de Colombia. Tesis Ph.D. 335 p.

Rivera, M.; Collazos, A.; Rao, I.; Flores, J.C.M. 2009. *Spatial and daily variability of soil moisture content in three agroforestry systems*. Acta Agronómica, Universidad Nacional de Colombia 58:75-83.

Salas, C. 2010. *Comportamiento hidrológico y erosivo en usos de suelo prioritarios de la campiña lechera en Santa Cruz, Turrialba, Costa Rica*. Tesis, Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 100 p.

Shaxson, F.; Barber, R. 2005. *El significado de la porosidad del suelo*. Boletines de suelos de la FAO. 129 p.

Somarriba, E.; Kass, D. (2001). *Estimates of above-ground biomass and nutrient accumulation in Mimosa scabrella Benth. Fallows in southern Brazil*. Agroforestry Systems 51(2):77-84.

Tijerino, J.D.P. 2008. *Aplicación de los principios del sistema agroforestal Quesungual en Nicaragua, caracterización de la calidad física y química del suelo y susceptibilidad a la erosión en La Danta, Somotillo*. M.Sc. Palmira, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. 111 p.

Thurston, H.D. 1994. *Tapado: los sistemas de siembra con cobertura*. H. D. Thurston et al., eds., Ithaca, USA: CATIE & Cornell University.

TNC (The Nature Conservancy, United States). 2012. *Priority ecoregions for global conservation*. (En línea) Disponible en: <http://maps.tnc.org/files/metadata/TerrEcos.xml>

UMCA (University of Missouri Center for Agroforestry). 2009. *An Integrated Vision for Agroforestry 2009 Annual Report: Research, Partnerships & Technology Transfer*. 35pp. Hall, M. and Gold, M. (eds). Columbia, MO.



Vandermeer, J. 1998. *Maximizing crop yield in alley crops*. *Agroforestry Systems*, 40(2), pp.199–206. doi: 10.1023/A:1006072303989.

Van der Zee Arias, A.; van der Zee, J.; Meyrat, A.; Poveda, C.; Picado, L. 2012. *Estudio de caracterización del Corredor Seco Centroamericano*. Países CA-4. Tomo 1. FAO, Italia, Roma.

Wélchez, L.A.; Ayarza, M.; Amézquita, E.; Barrios, E.; Rondón, M.; Castro, A.; Rivera, M.; Ferreira, O.; Pavón, J.; Rao, I. 2006a. *Quesungual Slash and Mulch Agroforestry System*. En: *Annual Report-TSBF Institute; Integrated Soil Fertility Management in the Tropic*. CIAT. 308 p.

Wélchez, L.A. *et al.* 2006b. *Unravelling the mysteries of the Quesungual slash and mulch agroforestry*. Paper presented at 18th World Congress of Soil Science, Philadelphia.



ISBN 978-92-5-130486-0



9 789251 304860

I9076ES/1/04.18