

## **7. Desarrollo agrario, forestal y ganadero**

### ***Introducción***

La condición de “aislada” acarrea en una comunidad rural una cuasi-autarquía en el aprovechamiento de bienes y la utilización de servicios. El desarrollo sostenible, la preservación de los recursos naturales y un modo de vida social y económicamente digno para su población son los tres componentes de un difícil equilibrio a cuya consecución deben apuntar las tecnologías.

El sector agrario es motor del crecimiento y desarrollo a través del incremento sostenible de la productividad agrícola, ganadera y forestal. Las tecnologías propias de las ingenierías Agronómica y de Montes tienen un sustancial campo de acción en el desarrollo rural si bien el diferente grado de aislamiento y concomitante desarrollo socioeconómico y cultural de las comunidades rurales aisladas (CRA) serán determinantes en el nivel y grado de aplicación de las tecnologías.

En este capítulo, bajo el título “Las técnicas agrarias en las comunidades rurales aisladas” se subraya el papel que desempeña la agricultura como la mejor vía para salir de la pobreza en el medio rural mediante la mejora de la productividad. Se subraya la necesidad de incorporar la técnica, por rudimentaria que sea, para mejorar la agricultura de subsistencia (en demasiados casos imperante en las CRA), lo que permitirá atender a las necesidades y equilibrio alimentario de la población, y sobrellevar mejor la dureza de los trabajos de campo. Si las condiciones ecológicas, económicas y socioculturales lo permiten y se cuenta con la imprescindible colaboración de agentes de organizaciones gubernamentales y ONGs, en educación y servicios de extensión agraria, se puede dar un paso más en el incremento de la productividad poniendo en juego mejores técnicas de producción agraria. A la mejor gestión de los cultivos se añadiría la posible comercialización del excedente de la producción comunal con la consiguiente incorporación de una renta y el posible efecto de freno a la emigración.

Con dicho objetivo, se propone una serie de fases consecutivas de actuación para mejorar la productividad agrícola, que parte del análisis del sistema actual y discurre por el planteamiento de soluciones, su ensayo y extensión (en su caso), con énfasis en la necesaria participación de la población que forma la comunidad, y sin olvidar su previsible crecimiento futuro. Cabe subrayar que las capacidades de comercialización y gestión serán herramientas necesarias para una contribución eficaz de la agricultura al desarrollo de las CRA.

Los dos estudios de caso expuestos son buen ejemplo de proyectos de cooperación para la mejora de la productividad agraria en dos comunidades aisladas, una en Mauritania y la otra en Perú, con situaciones socioculturales y grado de desarrollo diferentes.

En Mauritania, en el proyecto presentado se apunta al incremento productivo en cultivos de regadío con la introducción tentativa del cultivo del sorgo, como sustitutivo parcial, o complementario, del tradicional cultivo de arroz, en aras de aprovechar mejor la diversidad de condiciones de suelo y un control más eficaz del agua de riego; asimismo se contempla el futuro ensayo de sistemas alternativos a estos

cultivos. Los resultados preliminares ponen en evidencia las posibilidades de incrementar la producción agraria con la puesta en práctica de tecnologías desconocidas en su ámbito local y se insiste en la necesaria vinculación de los miembros de la propia comunidad objeto del estudio en las decisiones, trabajos y adquisición de conocimientos.

La comunidad campesina de Palo Blanco en Perú es fiel reflejo del nivel de pobreza, degradación ambiental y desintegración social y cultural que prevalecen en las comunidades andinas, como se afirma en el segundo caso expuesto; circunstancias que no son ajenas a las duras condiciones de habitación que determinan el clima y la geografía de la región. En el plan estratégico propuesto se destaca el papel de cooperación al desarrollo con la puesta en marcha de un proyecto de capacitación agraria con la participación de centros universitarios y ONGs, y se subraya la importancia de identificar las oportunidades y limitaciones al proyecto (de las que no son las menores las dificultades de acceso a los recursos productivos). La carencia de una estructura organizativa de las mujeres y la necesidad de poner en mayor valor su trabajo con una participación más activa en las decisiones y trabajos en los huertos familiares hasta ahora limitados al género masculino deben ser objeto de especial dedicación en la labor de cooperación. La creación de huertos comunitarios de capacitación, la tarea de selección de las especies cultivables y la definición de las condiciones agronómicas de los cultivos son también aspectos que requieren especial atención y exigen para su eficaz puesta en marcha la reducción de los elevados índices de analfabetismo existentes.

En el ámbito forestal, al tratarse de comunidades rurales aisladas, procede recalcar la especial importancia que en el aprovechamiento sostenible de las formaciones vegetales leñosas, y en su caso de los bosques, deben tener las características ecológicas, sociales y económicas de la propia comunidad en la aplicación (“nature oriented”) de la silvicultura

Entre los diferentes niveles de culturización de la naturaleza, desde las estructuras estables y productivas vinculadas al sector agrícola, anteriormente tratado, hasta el aprovechamiento y restauración de los bosques, se encuentran los sistemas agroforestales, con menor control que en la producción agrícola, pero con mayor diversificación que en la forestal. La gestión mixta aplicada en los aprovechamientos agro-silvo-pastorales confiere estabilidad al ecosistema, hace posible la conservación de la biodiversidad y satisface la demanda de recursos básicos a la comunidad (alimentos, materiales de construcción y renta dineraria), fines que adquieren especial relevancia en circunstancias de aislamiento.

Las dehesas en España y sus equivalentes en Portugal, los montados, “montes huecos” de encina, alcornoque, quejigo y melojo, son ejemplo de sistemas agro-silvo-pastorales forestales mediterráneos. Su aprovechamiento diversificado, bajo condiciones climáticas y edáficas bastante restrictivas, puede servir de modelo para zonas ecológicamente similares en comunidades rurales aisladas, aunque su rentabilidad hace actualmente problemática su gestión.

El trópico ofrece mayores posibilidades de desarrollar y aprovechar sistemas agroforestales como alternativa viable para el asentamiento sostenible de comunidades humanas, objetivo que llevaría anejo evitar la pérdida de fertilidad (y otros graves

perjuicios) a que conduce la actual deforestación. Una labor de extensión y cooperación al desarrollo, con el concurso de las ingenierías agronómica y forestal e implicación de las nuevas tecnologías, serán elementos eficaces para vencer los problemas que atenazan el desarrollo de comunidades en los trópicos.

La silvicultura desempeña un papel importante en el equilibrio de los ciclos del agua y sedimentos en las cuencas hidrográficas y en la conservación y restauración de las cubiertas vegetales, que contribuyen al control de la erosión del suelo y la protección a los cultivos. Son las comunidades de montaña las que presentan los mayores riesgos de sufrir daños e incluso desastres naturales por causa de los eventos torrenciales, pudiendo desencadenarse un geo-dinamismo torrencial y producirse erosiones generalizadas, inundaciones y aterramientos, con graves consecuencias para sus habitantes y sus bienes. Una adecuada cubierta vegetal en la cabecera de las cuencas, con el bosque como opción normalmente más ventajosa, constituye la medida más eficaz para evitar el desencadenamiento del geo-dinamismo torrencial; y la forestación (y reforestación) la técnica más utilizada para la restauración de las cuencas de montaña.

La restauración de montañas, con los trabajos inherentes de corrección de torrentes y restauración hidrológico-forestal que se llevaron a cabo en el pasado en Europa (y de forma específica en España) proporcionaron importantes infraestructuras en la economía de áreas de montaña y han conferido seguridad a las poblaciones, a la par que otros beneficios ambientales y paisajísticos.

Las cuencas de montaña de América Latina, aún presentando similitudes y diferencias con las europeas en su configuración y medidas a tomar para su ordenación agro-hidrológica (y su posterior restauración), es la naturaleza y condiciones de vida de las poblaciones humanas ubicadas en ellas, las que obligan a prestarles una singular atención. Junto a las recomendaciones estrictamente técnicas sobre el establecimiento del bosque secundario en media montaña (con el abandono subsiguiente de usos agrícolas o pastos), o la conservación de las cubiertas de páramo de alta montaña, es necesario que las comunidades afectadas tomen conciencia de que la ordenación y restauración de las cuencas equivale a la reducción de riesgos ante eventos torrenciales. Ello les obliga a hacer un mejor uso del territorio, lo que exige una labor de formación por instancias superiores y organizaciones altruistas, así como medidas legales por parte de la Administración (a diferentes niveles), como subrayan los autores del tema en este capítulo.

Los tradicionales beneficios de los bosques de los que son una muestra las dos aportaciones mencionadas en párrafos anteriores pueden ampliarse con diversas acciones: favorecer la conservación, mejora y uso de los recursos genéticos en especies maderables; poner en valor la captura de carbono como externalidad adicional a los recursos renovables tradicionales (madera); y contribuir a la economía de comunidades rurales aisladas reorientando el aprovechamiento de las masas forestales no maderables, utilizando los residuos de cortas e industria para la producción de biomasa y estableciendo plantaciones con especies de crecimiento rápido con fines energéticos.

La incorporación en este capítulo como “estudio de caso” de un proyecto de forestación en Etiopía, impulsado por la UPM, constituye un buen recordatorio de la necesidad de frenar la degradación de extensas superficies deforestadas (salpicadas de reducidos núcleos humanos) y reducir la presión sobre masas forestales naturales (hechos

especialmente acuciantes en países del Tercer Mundo) estableciendo plantaciones de especies de crecimiento rápido con las que atender a la creciente demanda de productos forestales.

En el caso que nos ocupa, las plantaciones de eucaliptos en Etiopía forman parte de sistemas agrarios diversificados que, permiten cubrir las necesidades de leña y madera de construcción de los núcleos familiares, a la par que generan algunos ingresos económicos y contribuyen a la reducción de la erosión en las Tierras Altas en las que se encuentran la mayor parte de los cultivos del país.

La concienciación ambiental de la comunidad en la gestión del territorio, fomentando el aprovechamiento de los recursos forestales mediante la facilitación de medios y conocimientos para un desarrollo sostenible; la participación de la mujer en la toma de decisiones y su incorporación en algunos de los trabajos requeridos para la reforestación (viveros); la creación de una red de colaboración que integra instituciones, gestores, agentes de desarrollo e industrias en torno al *eucalipto*; son, entre otras, algunas de las iniciativas puestas en marcha para impulsar el desarrollo en esta comunidad etíope.

En algunos de los casos y propuestas de actividades presentados la posibilidad de una secuencia estacional de la participación en trabajos agrícolas y forestales, y en aquellos implicados en las pequeñas (o medianas) industrias derivadas de los mismos, facilitaría una ocupación continuada y, consiguientemente, un mayor y más estable empleo. La labor de formación requerida para el desarrollo de estas actividades tendría efectos muy positivos en la adquisición de una mayor calificación profesional de miembros de la comunidad.

Las actividades, directrices y acciones presentadas en los párrafos anteriores, objeto de las diferentes contribuciones expuestas a continuación, son muestra de que las tecnologías agronómicas y forestales, tradicionalmente aplicadas con probada eficacia en el sector agrario, son útiles instrumentos para el desarrollo en comunidades rurales aisladas; y con el concurso de tecnologías generadas en otros sectores, contribuyen a su mayor integración cultural y social en la sociedad, dificultada por su aislamiento.

La cooperación internacional constituirá elemento básico para fomentar el nuevo desarrollo rural. En este marco cabe destacar la posible contribución en términos de ayudas económicas y técnicas de la Unión Europea, el FIDA (Fondo Internacional para el Desarrollo Agrícola), la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) y el Banco Mundial, junto con la colaboración de diferentes ONG, algunas ya mencionadas, junto a agencias de desarrollo e instituciones agrarias específicas de cada país.

### **7.1. Las técnicas agrícolas en las comunidades rurales aisladas**

Mejorar la agricultura de sectores desfavorecidos como son las comunidades rurales aisladas es clave para su desarrollo socioeconómico. De hecho, una mayoría de la población que sufre hambre en el mundo se ubica en zonas rurales aisladas y depende fundamentalmente de la agricultura para su subsistencia. A pesar de lo evidente que resulta la necesidad de mejorar la agricultura, este sector ha sido ignorado en las últimas

décadas, tanto por los países en desarrollo en sus presupuestos como por los países donantes, los cuales dedicaron en 2006 menos del 4% del total de la ayuda al desarrollo a la agricultura.

Definidas las comunidades rurales aisladas (CRA) en anteriores capítulos, el problema fundamental de su agricultura es su baja productividad. Conviene insistir sobre el amplio significado de este concepto (el cociente entre producción y alguno de los medios necesarios para obtenerla) en los sistemas agrícolas existentes en las CRA; desde una agricultura que apenas permite la subsistencia hasta una agricultura que genera excedentes que pueden comercializarse. Dicho esto, hay que resaltar de partida la enorme heterogeneidad que presentan, tanto en sus aspectos agroecológicos (a todas las escalas, desde la parcela individual a la región) como en los socio-económicos y culturales, en sus recursos naturales y en las formas de gestión o manejo de dichos recursos. Resulta evidente que se trata de sistemas de una gran complejidad, los cuales no han avanzado más por razones poderosas y ello lleva a pensar que las soluciones no pueden ser muy simples (ya no hay varitas mágicas) ni generalizables a grandes áreas.

Antes de plantear como mejorar la agricultura de las CRA, conviene establecer unos requisitos previos que, si no se cumplen, pueden hacer que todos los esfuerzos sean inútiles. El primero y fundamental es la necesidad de que exista paz y seguridad. La agricultura es una actividad que requiere inversiones en capital y trabajo a medio y largo plazo. Ningún agricultor va a invertir en mejorar su propiedad en tiempos o zonas de guerra o cuando se siente inseguro. El segundo requisito clave tiene que ver con las garantías jurídicas y los derechos de propiedad de la tierra. Sin un sistema legal que garantice la tenencia de la tierra, no puede haber una agricultura permanente. Por último, las infraestructuras físicas, viarias y de telecomunicaciones, juegan un papel crucial en el acceso a insumos, mercados y a nueva información. Cuanto mayores sean las limitaciones en dichas infraestructuras, mayores serán las dificultades para mejorar la productividad de la agricultura en una determinada comunidad.

En este capítulo se plantea, en primer lugar, un marco general sobre cómo mejorar la agricultura de las CRA y, a continuación, se presentan dos estudios de caso que ofrecen detalles concretos sobre los problemas de la agricultura y las posibilidades de mejora en el Norte de Perú y en Mauritania.

### ***Tecnologías para el desarrollo agrario de las CRA***

El objetivo de la ayuda al desarrollo debería ser mejorar los medios de vida de los más necesitados de forma permanente. Hay que escapar de la pobreza para evitar el hambre que afecta a casi mil millones de personas en la actualidad. En el mundo rural, la mejora de la productividad agraria es sin duda la vía principal para salir de la pobreza. Las tecnologías, adaptadas a las condiciones locales, son un ingrediente para generar el cambio necesario pero no son el único. Casi todas las medidas que se sugieren en este apartado tienen componentes económicos, sociales y culturales cuya consideración es esencial para que las tecnologías propuestas tengan éxito. En realidad lo que se propone aquí es una serie de medidas o actuaciones que deben ser coordinadas y en las que se insertan nuevas técnicas que pueden contribuir a mejorar la productividad de los sistemas agrarios de las CRA.

Sabemos qué hacer para incrementar la productividad agrícola en sistemas con muy baja productividad, pero en ninguna actividad humana hay más diferencia entre saber lo que hay que hacer y ¡hacerlo! No se puede proponer un modelo a seguir, no existe un modelo único, pero sí se pueden ofrecer unas pautas generales que promuevan el incremento de la productividad y la generación de mayores ingresos netos para los productores agrarios. En primer lugar y *donde sea posible*, se debe promover la agricultura comercial tecnificada a la escala apropiada. El trabajo en el campo es muy duro, en particular para aquellos que solo cuentan con ese medio de vida. Todo lo que pueda hacerse para rebajar esa dureza, sustituyendo el esfuerzo físico humano por la labor de animales o de máquinas redundará en reducir uno de los aspectos más difíciles de la actividad agraria. Ahí es donde la técnica puede ayudar, si bien hay que tener acceso a capital y a los conocimientos necesarios para utilizar adecuadamente los nuevos medios de producción. Los avances técnicos recientes entre los pequeños agricultores del Sur de Asia son un buen camino a explorar y a extender allí donde sea posible. Un ejemplo donde se exploran vías para incrementar la productividad agraria mejorando el regadío es el estudio de caso en Mauritania que se describe más adelante.

Naturalmente, habrá las CRA pobres donde los recursos disponibles sean tan escasos que no permitan producir suficientes excedentes para acceder a un mercado (ver estudio del caso en el Norte de Perú). En estas situaciones, mejorar esa agricultura de subsistencia debería orientarse a aumentar la producción sobre los niveles actuales por unidad de esfuerzo que realicen los agricultores, en definitiva, mejorar la productividad. Otro aspecto importante es mejorar la calidad nutritiva de la dieta mediante la introducción de nuevas especies en huertos familiares como el que se describe en el estudio de caso del Norte del Perú. Conviene insistir en que los esfuerzos necesarios para recolectar y producir suficientes alimentos son mayores y más extenuantes cuánto más pobres son las CRA. De hecho, éste es uno de los motivos principales que causan la emigración desde dichas comunidades. Reducir la carga de trabajo manual asociada a la producción en estas situaciones debería ser un objetivo importante de la introducción de nuevas técnicas. Otro objetivo clave de las aportaciones técnicas a las CRA más pobres debería permitir alcanzar una mayor estabilidad en la producción de suficientes alimentos, lo cual evitaría situaciones catastróficas mejorando el nivel de autosuficiencia de estas CRA. En los casos donde apenas pueden producirse suficientes alimentos para subsistir, aunque las opciones para salir de la pobreza sean limitadas, la introducción de nuevos conocimientos útiles procedentes de otras CRA que se encuentren en un nivel de pobreza similar pero geográficamente distantes, es una vía a explorar previamente a otro tipo de actuaciones.

Si se dispone de medios para incrementar la productividad (animales o pequeña maquinaria, fertilizantes, etc.) y de los conocimientos necesarios, el aumento en la producción es relativamente fácil de conseguir (ver estudio de caso en Mauritania). Pero el siguiente paso indispensable es promover el acceso a los mercados de estos incrementos de producción. La agricultura para la autosuficiencia no permite escapar de la pobreza bajo estas condiciones, hay que generar riqueza. Igualmente hay que promover la actuación cooperativa en la compra de insumos y en las ventas en el mercado, articulando las nuevas tecnologías con un trabajo socioeconómico de base. Pero todo ello requiere unos conocimientos nuevos que deben venir del exterior a las CRA, los cuales se combinen con los conocimientos tradicionales, así como un cambio cultural a medio plazo. La educación y la extensión deben ser, pues, pilares fundamentales para generar este cambio. El agente del cambio debe generar confianza

entre los miembros de las CRA para que sus ideas sean aceptadas y ensayadas. Una visita corta, unas charlas, aún donando nuevos equipos, etc., no suele funcionar. Hay que tener una presencia permanente, al igual que los agentes de extensión agraria la tuvieron en el pasado en entornos rurales aislados de los países donde ahora la agricultura tiene una alta productividad. Sin una referencia constante y un apoyo permanente hasta que la situación haya mejorado y la sostenibilidad de los cambios haya sido evaluada, la influencia de las nuevas ideas será efímera y a veces, ha resultado contraproducente.

¿Cómo proceder para mejorar la productividad agrícola de las CRA?

#### *Fase 1 Descripción y análisis del sistema actual*

- Descripción de los sistemas en la actualidad (cantidad y calidad de los recursos naturales, tamaño de las explotaciones, acceso a insumos, capital, etc.).
- Valoración de las consecuencias que tienen las prácticas actuales sobre los recursos naturales (amenazas a la sostenibilidad de las prácticas actuales y análisis de las tendencias de los sistemas existentes).

#### *Fase 2 Propuestas de soluciones*

- Plantear a los agricultores la posible gama de posibles soluciones para incrementar la productividad.
- Conjuntamente con ellos, seleccionar las que parezcan más viables, las mejores apuestas.

#### *Fase 3 Diseño y ensayo de nuevas opciones*

- Se deben diseñar los sistemas de manejo que permitirán evaluar las opciones seleccionadas en campos de agricultores, los cuales deben participar en el diseño.
- Se ensayarán en campos de agricultores con un nivel de seguimiento suficiente para poder explicar los resultados que se obtengan.

#### *Fase 4 Diseminación y extensión*

- Si los resultados son positivos y parecen aceptados por los agricultores, hay que escalarlos a otras explotaciones, teniendo en consideración la enorme heterogeneidad de estos sistemas.

Se podría escribir mucho sobre cada una de estas etapas de la introducción de nuevas ideas en la agricultura; de una manera u otra, el camino descrito anteriormente ha conseguido tales incrementos de la productividad en muchas partes del mundo que la agricultura ha estado a punto de morir de éxito. Para bien o para mal, la futura tasa de crecimiento de la población y otras incertidumbres que se plantean van a requerir un nuevo aumento de la productividad agrícola global. Independientemente de este hecho, las CRA que, por las razones que sean, no han utilizado hasta ahora aquellos avances de la ciencia y la técnica agraria que pudiesen beneficiarles, deben tener la oportunidad de evaluar estas nuevas posibilidades de mejorar su medio de vida. Más que continuar con planteamientos generales, parece más deseable estudiar con más detalle dos estudios de

caso en comunidades rurales de países en desarrollo: uno en en Mauritania (Dra. H. Gómez Macpherson) y otro en el N. de Perú (Dra. M. García Vila).

## **7.2. Estudio de casos**

### **7.2.1. La productividad y sostenibilidad del regadío en Mauritania**

#### ***Introducción***

En Mauritania el regadío se desarrolló a partir de los años 1970 en el valle del río Senegal con dedicación casi exclusiva al cultivo del arroz (ricicultura). Este sistema agrícola convive con otros sistemas tradicionales (pluviales y basados en el ciclo anual de inundación-recesión del río) pero el regadío es el único sistema que garantiza la producción año a año. Sorprende por tanto que dos tercios de la superficie inicialmente regada se hayan abandonado. Esta paradoja es en parte el origen de este proyecto que pretende ahondar en las razones del abandono y buscar fórmulas para que no ocurra.

Uno de los problemas identificados ha sido la directriz estatal exigida por los donantes de producir arroz cuando no necesariamente es lo más adecuado en todas las circunstancias. Recientemente se ha comprendido la importancia de diversificar los cultivos para ser más flexibles con las condiciones locales. Sin embargo, diversificar cultivos en un perímetro regable rígido concebido para la ricicultura no es trivial. Primero, los sistemas de regadío se construyeron principalmente sobre suelos de textura fina y formados por inundación recurrente, ideales para el arroz pero que son difíciles de manejar para otros cultivos, en su mayoría sensibles al encharcamiento; por otro lado, también se encuentran suelos más ligeros y no apropiados para el arroz. Segundo, la rotación en la distribución del agua de riego siguiendo turnos fijos entre los agricultores puede acomodarse bien para satisfacer las necesidades hídricas en monocultivo, pero dificulta la programación del riego en policultivo. Tercero, la introducción de un cultivo nuevo precisa de un trabajo experimental que determine su manejo óptimo para máxima adaptación a las condiciones locales.

Dentro de este proyecto, se identificó al sorgo como cultivo con potencial alternativo al arroz ya que no es ajeno a los agricultores, forma parte de la dieta local y existe una demanda (Comas y Gómez-Macpherson, 2007). Se eligió el perímetro regado de la aldea de Bélinabé para ubicar la experimentación y la demostración de las actividades que comparaban el cultivo introducido, el sorgo, y el cultivo existente, el arroz. Este perímetro se usó además como sistema de riego piloto donde analizar la gestión del agua y evaluar el diseño y mantenimiento con vistas a instaurar un sistema policultural y sostenible. En 2007 las actividades de diversificación se extendieron a otros 8 perímetros y las actividades de evaluación del riego a otros 22 perímetros a lo largo del valle. En este escrito se presentan sólo los resultados iniciales obtenidos en Bélinabé.

Desde el inicio, el proyecto ha tenido un enfoque participativo similar al utilizado con éxito en otros proyectos de investigación para el desarrollo llevados a cabo en otros países (Rawson et al., 2007). Los especialistas han trabajado estrechamente con los agricultores, que han sido los que cultivaron los campos participantes en los ensayos. La cooperativa de Bélinabé ha estado intensa y constructivamente involucrada en todas sus etapas:

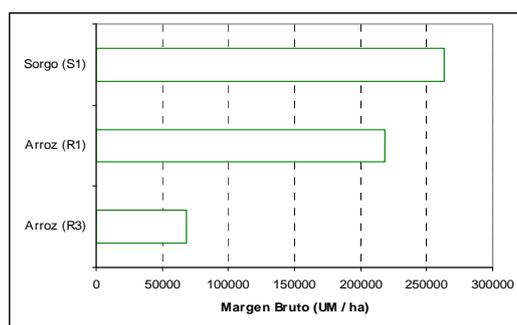
- En la decisión de abordar el proyecto en su perímetro de riego,
- En la selección de las parcelas piloto y los agricultores colaboradores,
- En la organización del riego,
- En la evaluación de las aptitudes culinarias de la variedad de sorgo introducida para los platos tradicionales,
- En la aceptación del ingeniero local del proyecto como agente, consejero e interlocutor de todas las actividades,
- En la discusión de resultados.

Además, al final de cada campaña, una vez que los resultados están analizados y estudiados, se realiza un taller para presentarlos y discutirlos con los agricultores de la aldea y de la región y con técnicos de la administración y de ONGs. El trabajo se hace en colaboración con las instituciones nacionales de investigación y extensión intentando fortalecerlas.

### ***La introducción del cultivo del sorgo frente al del arroz***

Las primeras preguntas surgidas al introducir el sorgo regado fueron ¿cómo cultivarlo? ¿Se podrá obtener un buen rendimiento? ¿será rentable? ¿más que el arroz? ¿consumirá menos mano de obra y agua? ¿qué problemas pueden surgir y cómo solucionarlos? Para empezar a responder las preguntas se identificaron agricultores colaboradores que cultivaron en sus parcelas ya fuese arroz como sorgo, 3 parcelas de cada, siguiendo las recomendaciones del centro de investigación nacional y apoyados por técnicos locales. Además se importó una variedad mejorada de sorgo regado del vecino Senegal, adaptado a esa zona africana.

El primer año el rendimiento medio fue de 2 t/ha de sorgo con cuatro riegos, lo que entusiasmó a los agricultores por ser la primera vez que cultivaban sorgo regado de forma intensiva. La producción de arroz fue significativamente superior, más de 6 t/ha, sin embargo, considerando el mejor precio del grano y paja del sorgo, éste último fue más rentable (Figura 1).



**Figura 1.** Margen bruto obtenido en la parcelas de sorgo S1 (suelo mixto o ligero), arroz R1 (suelo pesado) y R3 (suelo mixto).

La duración del ciclo del sorgo fue de 90 días frente a los 153 del arroz y, dado que hay agua de riego disponible mientras el arroz esté en el campo, el cultivo del sorgo permite sembrar un segundo cultivo de ciclo corto o un forraje tras su cosecha. Un estudio con

modelos de simulación apunta a esta segunda opción como la más rentable (Connor et al., 2008) por lo que se está estudiando en campo actualmente.

Dos parcelas de arroz (R1 y R2) alcanzaron un buen rendimiento (7.2 t/ha) mientras que la tercera parcela (R3) estaba situada en una zona de suelo mixto y el rendimiento sólo llegó a 4.6 t/ha. En cuanto al riego, el arroz necesitó de media 12 riegos frente a los 4 recibidos por el sorgo. Gracias a un balance de agua detallado se observó que la baja retención de agua en los suelos mixtos y la imposibilidad de regar para cubrir la demanda continua ocasionó que el arroz sufriera estrés hídrico penalizando su rendimiento y cuestionando su cultivo en estos suelos (Figura 2).

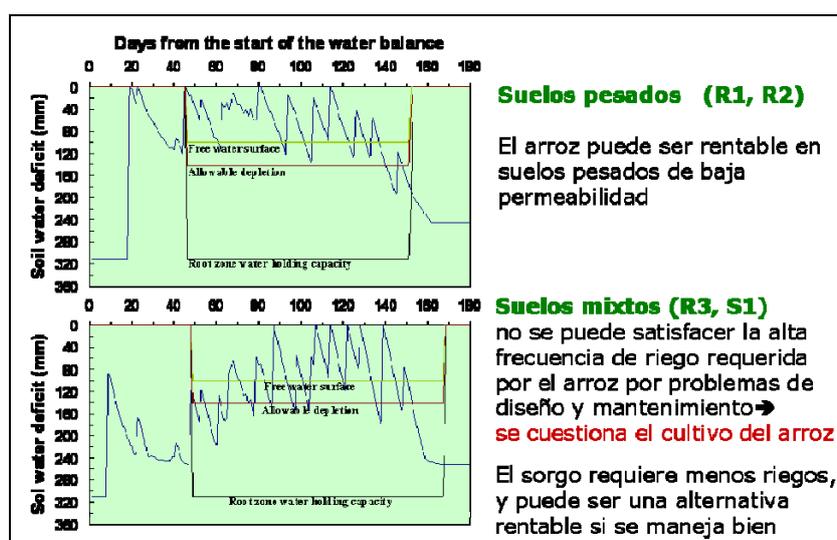


Figura 2. Déficit de agua en el suelo de parcelas.

Las parcelas piloto en el perímetro regable de Belinabé han demostrado el interés del sorgo frente al arroz:

- La introducción de una variedad mejorada en Senegal para su cultivo en regadío ha sido del gusto agronómico y culinario de los habitantes de la aldea, y el precio en el mercado local ha sido, en consecuencia, alto.
- La siembra en hileras y con alta densidad provocó inicialmente el escepticismo de los agricultores, pero luego causó sorpresa y entusiasmo al constatar la mayor facilidad para la escarda y el buen establecimiento frente a la siembra tradicional que usa muy baja densidad de siembra.
- Las menores necesidades de riego del sorgo frente al arroz reducen a aproximadamente un tercio el capital circulante de la campaña.
- La corta duración de su ciclo permite sembrar un segundo cultivo dentro de la misma campaña de riego, o incrementar la producción aprovechando el forraje del rebrote, y reducen el riesgo de daños por ataque de langosta.

Sin embargo, el cultivo del sorgo en un perímetro regable como el de Bélinabé no está exento de problemas. Su implantación entraña dificultades a consecuencia del encharcamiento y la formación de costra tras una lluvia fuerte, sobre todo en suelos

pesados. El control de malas hierbas es muy difícil en parcelas de más de media hectárea ya que al ser la escarda manual, se ve limitada por la disponibilidad de mano de obra. La siembra y la cosecha también son manuales y requieren la presencia de toda la familia. Los pájaros son una amenaza cuando el grano ha madurado y obliga a vigilancia fatigosa, a pesar de que esta actividad es ahora más llevadera para los agricultores ya que las variedades mejoradas son de menor altura que las tradicionales.

No obstante, se vislumbraron vías para superar algunos de estos problemas y estrechar la amplia brecha entre los rendimientos obtenidos en las parcelas de demostración y los potenciales para la región. Actualmente se están ensayando: siembra en lomos; siembra directa con fertilización localizada; fecha de siembra antes de la llegada de las lluvias; e introducción de variedades con ciclos más largos. También se están estudiando otros sistemas alternativos: doble cultivo con siembra de niebé (leguminosa local) tras el sorgo; y, la introducción del maíz. En cualquier caso, hay que resaltar que las producciones obtenidas en media hectárea no son suficientes para cubrir las necesidades cerealistas anuales de una familia. Para producir excedentes y acceder a los mercados se necesita cierto grado de mecanización que permita a las familias cultivar una mayor superficie con un menor esfuerzo.

La experiencia obtenida con estas actividades está sirviendo también para poner a punto una metodología de experimentación agronómica sencilla y de extensión que sirva de referencia a aquellas instituciones interesadas en la adaptación de nuevos cultivos a las condiciones locales. Para ello se han elaborado unos protocolos de experimentación y extensión.

### ***Cómo mejorar el uso del agua en los pequeños perímetros de riego***

La evaluación del perímetro de Belinabé se ha publicado en Mateos et al. (2010). En este estudio quedó patente que la configuración actual de los pequeños perímetros de riego a lo largo de la orilla mauritana del río Senegal conlleva dificultades superables y dificultades intrínsecas para la diversificación cultural. Entre las dificultades superables están las derivadas de un mal mantenimiento de los canales, bombas y estructuras de distribución. La prospección realizada en el perímetro regable de Bélinabé mostró que las labores de mantenimiento de la red de canales eran muy deficientes y una limitante importante para la distribución de agua. El aumento del tiempo diario de riego podría aliviar la discapacidad causada por el mal mantenimiento, pero llevándolo a duraciones mayores de lo que es socialmente admisible. Sin embargo, un mantenimiento adecuado de los canales aumentaría su capacidad de distribución y garantizaría el riego completo con unas 10 horas de riego por día.

En cuanto al comportamiento del riego en parcela, es aceptable, aunque mejorable mediante nivelación del terreno. El efecto de una buena nivelación sobre la uniformidad y la consiguiente eficiencia del riego serán mayores si se incrementase el tamaño de las parcelas. Por otro lado, el asurcado del terreno facilitaría el riego de cultivos en línea, caso del sorgo, y, como se ha mencionado anteriormente, aliviaría los perjuicios derivados del encharcamiento.

Se han identificado como dificultades inherentes a los perímetros las características de los suelos y la rigidez en la distribución del agua de riego. Los suelos pesados y ligeros

aparecen mezclados en los pequeños perímetros de riego. Los primeros son aptos para la ricicultura y los segundos para otros cultivos. La estrategia posible para diversificar el modelo cultural en el perímetro rehabilitado sería, por tanto, dedicar el suelo pesado al arroz y el ligero al sorgo u otros cultivos. En algunos casos, una misma clase de suelo ocupa el total de una parcela, pero en otros casos ambas clases aparecen en la misma parcela, dificultando su manejo.

En cuanto a la inflexibilidad de la distribución del agua, basada en rotación fija, la mezcla de cultivos con distintas necesidades de riego dentro del mismo perímetro impide hacer una programación óptima de los riegos. La gestión con cierta flexibilidad del perímetro rehabilitado será probablemente posible, pero requerirá la formación apropiada del organizador de los riegos. Por tanto, es este un aspecto que merecerá cuidadosa atención y asesoramiento técnico.

### ***Fotografías***

“Siembra sorgo”. La primera vez que los agricultores del perímetro Lorine (Mauritania) sembraron sorgo en parcelas de regadío. El perímetro se encuentra en una zona de suelo arenoso que dificulta el aporte de agua necesario para un arroz productivo y rentable. El sorgo requiere menos de la mitad de los riegos aplicados en el arroz.

“Rindiau\_2009”. En junio de 2009, el agricultor M. Racine sembró sorgo por primera vez en siembra directa (sin labrar la parcela previamente) en una zona arrocería abandonada de Rindiau (Mauritania). Obtuvo un rendimiento de grano de 4,3 t/ha, la mayor producción conseguida hasta ahora en la zona. El acceso a maquinaria es muy limitado para los pequeños agricultores.

“Evaluación”. Evaluación de canales en el perímetro de Belinabé. El diagnóstico de los perímetros abarca el funcionamiento de la asociación de usuarios y permite profundizar en los problemas que llevan a su deterioro. La política de regadío de Mauritania confía en estos resultados para su revisión.

“Asamblea”. Durante la campaña se organizan días de campo para visitar las parcelas de los agricultores colaboradores. Se fomenta el debate entre estos agricultores y otras personas interesadas: agricultores, técnicos, ONGs, etc.

“Niébé”. Cultivo de niébé sembrado tras la cosecha del sorgo. La duración del ciclo del sorgo es de 90 días aproximadamente (frente a los 153 del arroz) y permite sembrar un segundo cultivo de ciclo corto o un forraje como el niébé tras su cosecha.

“Belinabé” Parcelas contiguas de sorgo y arroz en Bélinabé (Mauritania).

## **7.2.2. Estudio de caso: producción ecológica de hortalizas a escala familiar en la comunidad campesina de Palo Blanco, Perú**

### ***Introducción***

En Perú, las comunidades campesinas juegan un importante papel en el bienestar social, cultural y económico de un amplio sector de la población (2.5 millones de personas, 37% de la población rural). Las comunidades campesinas andinas ocupan casi el 40%

de las tierras peruanas, pero se trata de tierras marginales en el sentido productivo. El desarrollo de la agricultura en Los Andes ha estado asociado a drásticas variaciones espaciales en el clima y a la biodiversidad, concibiendo el espacio útil como una sucesión de pisos ecológicos (desde los 1.500 m s.n.m., hasta los 4.200 m s.n.m., un caso único en el planeta). Esta diversidad cambiante y dispersa produjo una ciencia agronómica compleja que contrasta con la agronomía de monocultivo y que fomentó una distribución espacial de la población andina caracterizada por una gran dispersión en pequeñas comunidades aisladas, donde la producción tiene como destino principal la subsistencia.

Hoy en día existe gran preocupación por los niveles de pobreza rural, degradación ambiental, y desintegración social y cultural que prevalecen en la región andina. Si analizamos el mundo rural andino de forma detallada, puede percibirse que los indicadores de pobreza distan mucho de captar la magnitud de la problemática a la que se enfrenta la familia campesina, la cual trasciende la insatisfacción de determinadas necesidades de consumo. Bajo estos condicionantes, es necesaria una estrategia de desarrollo que plantee el manejo tradicional de las zonas productivas, con tecnologías autóctonas, optimizando los recursos existentes para satisfacer objetivos de sostenibilidad (alta productividad y conservación de los recursos naturales). Igualmente debe tenerse en cuenta la necesidad de que el campesino sea un actor social que pueda crear y apropiarse de conocimientos. A este respecto, *tecnologías intermedias*, técnicas de pequeña escala, bajo costo, adaptabilidad al medio, y uso de recursos locales, pueden dar respuesta a estas necesidades. En relación a estos desafíos cabe plantear si la agricultura ecológica de bajos insumos puede ser una opción tecnológica intermedia que puede enfrentar el problema de la pobreza rural y baja producción agrícola en las regiones altoandinas de Perú.

### ***Comunidad Campesina de Palo Blanco: Diagnóstico y Definición del Plan Estratégico***

El área de estudio (5.764 ha en la comunidad campesina altoandina de Palo Blanco, Piura, Perú, Mapa 1) se encuentra ubicada en el distrito de Pacaipampa, y está conformada por 6 caseríos y dos predios aledaños (2.700 habitantes, 525 familias). La mayoría de los habitantes del área de trabajo (dos de cada tres) viven en condiciones de “extrema pobreza”, inmersos en una economía de subsistencia (agricultura y ganadería de autoconsumo). El 40% de las tierras son improductivas y aproximadamente 400 ha corresponden a pastos naturales. La fisiografía natural del terreno es escarpada, hasta tal punto que la mayoría de los terrenos serían considerados no aptos para el cultivo por tener pendientes de hasta el 40%. El clima del área de trabajo se ve claramente influenciado por la elevada altitud (desde 2.500 m hasta los 3.685 m) y su cercanía al ecuador. Debemos resaltar que en comparación con otras regiones de Perú ubicadas a la misma altitud, en esta área los recursos hídricos no son tan limitados, disponiendo de un elevado número de manantiales o “puquiales”. Un aspecto a resaltar es la dificultad de acceso a la zona de trabajo e incluso el propio desplazamiento dentro del área. Estas características dificultan en gran medida el trabajo en esta área, no habiendo ningún programa gubernamental de desarrollo en la zona.

Cabe resaltar que el consumo de frutas y hortalizas es prácticamente anecdótico, en la mayoría de los casos procedente de la recolección silvestre. Otra característica notable de los hábitos alimenticios de los comuneros es la estacionalidad, al estar ligada su

seguridad alimentaria a cultivos estacionales. Por tanto, las familias carecen de una dieta equilibrada a lo largo del año. Según los datos aportados por la posta médica (centro de salud) a la que pertenece la comunidad de Palo Blanco, la mayoría de las enfermedades diagnosticadas hubieran sido prevenidas o curadas con una dieta equilibrada. Dentro de esta perspectiva, la producción ecológica de hortalizas a escala familiar, en pequeños huertos aledaños a la casa, puede ser uno de los aspectos claves de la estrategia de desarrollo de la comunidad. Bajo la visión actual de la seguridad alimentaria, la unidad de referencia deja de ser la finca y pasa a ser la familia rural, y el objetivo fundamental es mejorar el bienestar de las personas más que incrementar la producción agrícola.

Los niveles de pobreza, la economía de subsistencia, la inaccesibilidad, y los niveles de deterioro ambiental, determinaron un modelo productivo agroecológico de bajos insumos. En el año 2003 se puso en marcha el proyecto de cooperación al desarrollo “*Capacitación en Agroforestería Comunitaria en la Comunidad Campesina de Palo Blanco, Piura, Perú*”, realizado de forma conjunta por la Universidad de Córdoba, (UCO), la Universidad Nacional de Piura, (UNP), la ONG peruana IDER y la ONG española ‘Bosque y Comunidad’, y financiado por la Universidad de Córdoba y el Ayuntamiento de Córdoba. El trabajo desarrollado no pretende ser una respuesta inmediata e integral a la totalidad de los problemas identificados en la comunidad. Únicamente trata de dar los primeros pasos en el proceso de desarrollo vislumbrado, no debiéndose analizar como una acción puntual, sino como una de las etapas de la estrategia de desarrollo diseñada.

Como paso previo y gracias a un Análisis Socioeconómico y de Género (ASEG), pudimos identificar las oportunidades y limitaciones del proyecto, haciendo que todos los actores fueran responsables de la planificación y la elaboración del programa de desarrollo. Las herramientas o técnicas que fueron empleadas fueron: entrevistas semiestructuradas, observación participante, reloj de rutina diaria, y calendario estacional.

La situación de la mujer en la Comunidad Campesina de Palo Blanco, al igual que en toda la región altoandina, se caracteriza por las dificultades de acceso a los recursos productivos. Tradicionalmente las mujeres han estado relegadas a tareas agrícolas secundarias, recayendo la toma de decisiones directamente sobre los hombres. Sin embargo, en contraposición a este hecho, la alimentación y en definitiva la seguridad alimentaria, es responsabilidad primordialmente femenina. Las mujeres establecen y mantienen los bancos de semillas de los que depende la producción de alimentos, y desempeñan también un papel importante en la producción de cultivos secundarios, como legumbres y hortalizas. Además de proporcionar nutrientes esenciales, estos cultivos son a menudo la única fuente de alimentos disponible. Por otro lado, los servicios de extensión agraria raramente están dirigidos a las mujeres, y la mayor parte se centran en cultivos comerciales. El reconocimiento del papel trascendental que juegan las mujeres en la seguridad alimentaria familiar, las convirtió en las principales beneficiarias y actoras de este proyecto.

La carencia de una estructura organizativa de las mujeres, planteó la necesidad de un trabajo previo de organización social. Sin dicha organización se pone en peligro la sostenibilidad de cualquier proyecto dirigido hacia dicho colectivo. Para ello se articularon ocho comités de desarrollo, aglutinadas a su vez en una coordinadora de comités de desarrollo, que conforma el “Comité de Desarrollo de la Microcuenca de

Palo Blanco” (Foto 1). A largo plazo, estos comités deberán engendrar un entramado social que servirá de base para la formulación de un Plan Estratégico de Desarrollo y su articulación en la *Federación de Comunidades Campesinas*. Dentro de esta visión a largo plazo, también se pretende dotar a las mujeres de mayor poder individual y colectivo, para que tengan capacidad de representación y capacidad negociadora frente a otras organizaciones, siendo las verdaderas protagonistas de su desarrollo.

### ***Huertos Comunitarios de Capacitación***

Debido a que la producción de hortalizas no es una práctica habitual en la zona de trabajo, se consideró necesario la creación de ocho huertos comunales de capacitación (uno en cada uno de los ocho caseríos). A su vez, estos huertos comunales permitieron validar una tecnología de producción ecológica de bajos insumos adaptada a las condiciones de la zona. Dichos huertos comunales se transformaron en verdaderos “huertos de investigación participativa” y “huertos escuela”. Por otra parte, con esta iniciativa se pretendió salir al rescate de ciertos valores de trabajo comunitario y corresponsabilidad, que han ido desapareciendo en el seno de la comunidad con el transcurso de los años.

En la selección de las especies hortícolas a introducir en el área de trabajo, se establecieron dos tipos de criterios: ecofisiológicos (basados en condicionamientos ambientales de clima y suelo) y de mercado (acceso a las semillas de estas hortalizas en los mercados locales). Las especies seleccionadas fueron: acelga, calabacín (“zapallito italiano”), cebolla, cilantro (“culantro”), col (“repollo”), coliflor, espinaca, lechuga, pepino (“pepinillo”), pimiento, rabanito, remolacha (“betarraga”), y zanahoria. Se implementaron técnicas de producción ecológicas para la instalación y manejo de los huertos comunales, combinando el conocimiento tradicional con nuevos elementos de las ciencias agrícolas. De esta forma, gracias al permanente enfoque de *investigación acción-participativa*, se incorporaron las aportaciones de las propias campesinas. La fabricación de fito-toldos es un ejemplo de incorporación de conocimientos tradicionales aportados por las propias beneficiarias. Dichos fito-toldos se elaboran a partir de materiales propios de la zona, carrizo (*Phragmites australis*) y totora (*Scirpus californicus*), y tienen como objeto la protección de las plántulas frente a un exceso de radiación solar, posibles daños provocados por pájaros, heladas o vientos. Las nuevas técnicas introducidas también suponen una importante contribución a los sistemas de producción agraria de la comunidad. Un ejemplo de ello lo encontramos en la elaboración de compost (“Método Indore”) y humus de lombriz o el empleo de “camas calientes” para mitigar el efecto de las heladas. Por otro lado, se fomentó la aplicación de medidas preventivas y el uso de biopreparados (elaborados a partir de recetas locales) para el control de plagas y enfermedades. En los huertos comunales también fueron instalados camas de almacigado o semilleros (Foto 2), y cercos vivos o físicos.

Las sesiones de capacitación, eminentemente prácticas, se vieron modificadas en numerosas ocasiones como resultado de la interacción directa con el medio, surgiendo nuevas necesidades y problemas que demandaron solución. Un papel importante de la promotora externa, autora de este trabajo, fue ser el vehículo de transmisión del conocimiento aportado por cada grupo de participantes. Las sesiones de capacitación se estructuraron en los siguientes bloques: contribución del huerto familiar a una alimentación saludable, manejo general del huerto familiar, y aportes y formas de consumo de las hortalizas (“del campo a la cuchara”). Los elevados índices de analfabetismo dificultaron las labores de capacitación, siendo necesario adaptarse a la

realidad sociocultural del área de trabajo. Una de las fortalezas del proyecto ha sido la presencia permanente del equipo técnico en la comunidad, hecho imprescindible para lograr una relación estrecha entre el personal técnico y las beneficiarias. De esta forma se luchó contra una de las características propias de las comunidades rurales, como es su desconfianza frente a los agentes externos.

La creación de los huertos comunitarios de capacitación, dio repuesta a las necesidades de socialización de las campesinas, generando a su vez una plataforma para la creación de otro tipo de organizaciones o la realización de otras actividades. La incorporación plena de la mujer en un proceso productivo, ha sido entendida por las propias beneficiarias como un mecanismo para lograr autonomía y seguridad. Este hecho incrementó espectacularmente la participación de las mujeres en las reuniones de la comunidad (Foto 3), que pasó de ser prácticamente inexistente a mayoritaria, lo que sugiere que aumentó la autoconfianza y fortaleza de este colectivo.

### ***Establecimiento de Huertos Familiares Ecológicos***

Una vez familiarizadas con la nueva tecnología, las campesinas se vieron facultadas para la instalación de pequeños huertos familiares en sus propios hogares, siempre contando con el asesoramiento tanto de sus compañeras como de la promotora externa. Los huertos familiares tienen como objetivo producir alimentos para el autoconsumo y posiblemente, en una fase posterior, ingresos económicos adicionales.

Para la instalación de los huertos familiares se procedió al reparto a cada campesina de un pequeño lote de semillas de las hortalizas introducidas en los huertos comunales. El tamaño de estos huertos dependió de las propias necesidades familiares. Su estructura fue, en un principio, similar a la del huerto de capacitación, el cuál sirvió de referencia en todo momento. La campesina debe hacer el esfuerzo de adaptar la estructura y tecnologías de los huertos de capacitación a sus condiciones particulares. Las dudas y problemas que progresivamente fueron surgiendo en la instalación de dichos huertos familiares, fueron trasladadas por la propia campesina a los huertos de capacitación. Otra de las fortalezas que se identificó en el presente proyecto, es la vinculación familiar a la actividad propugnada por la mujer campesina.

La Tabla 1 recoge el número de huertos familiares instalados en cada uno de los caseríos del área de trabajo, 6 meses después de iniciar el proyecto (Foto 4). Dichas cifras son un claro indicativo del éxito de este programa. La instalación de dichos huertos familiares suscitó interés por parte de otras campesinas que no participaron directamente en el proyecto, por lo que se cumple el objetivo de difusión de la experiencia a través de las propias campesinas.

CASERÍO	Nº de huertos familiares	Nº de beneficiarias
Palo Blanco	5	17
San Francisco	26	26
Chulucanitas	28	36
Santa Cruz	6	12
Membrillo	19	19
Las Lomas	5	8
Miraflores	4	4
Las Mercedes	8	13

**Tabla 1.** Número de huertos familiares establecidos por caserío.

La aceptación del consumo de dichas hortalizas por parte de las campesinas fue excelente. Prueba de ello es su incorporación en los platos tradicionales de la zona. También fueron diseñadas una serie de recetas en base a las hortalizas producidas, complementándolas con productos de su dieta tradicional (Foto 5).

Tanto los huertos comunales de capacitación como los huertos familiares, fueron sometidos a un proceso de seguimiento continuado y de evaluación final, por parte de la promotora externa e incluso por las propias beneficiarias. Para ello se realizó: un registro de asistencia a las sesiones formativas, visitas de supervisión a los huertos familiares, y talleres de evaluación. El registro de asistencia a los trabajos en el huerto comunitario no sólo es un claro indicador del nivel de aceptación e incorporación en el proceso iniciado, sino que también es una herramienta para las propias campesinas a la hora de repartir los beneficios productivos de dichos huertos (Foto 6). A medida que se promovió la participación activa de la mujer en los procesos de desarrollo comunitarios, se produjo un incremento extraordinario de la participación, tanto a nivel cuantitativo como cualitativo. Los excelentes resultados obtenidos en un periodo de tiempo tan breve, constatan el gran potencial del enfoque de género, como motor ineludible de cambios en los procesos de desarrollo de las CRA.

### ***Transferencia de Tecnología de “Campesina a campesina” y elaboración de un Manual de Campo***

El presente trabajo es una iniciativa pionera en la región, por lo que se decidió replicar la experiencia en otras áreas empleando la metodología de capacitación “Campesina a Campesina”. Esta metodología de capacitación enfatiza la comunicación y participación entre las campesinas para difundir sus innovaciones. Las futuras promotoras campesinas se hacen responsables de la transmisión de los conocimientos adquiridos a otras campesinas con una situación similar. El efecto multiplicador de la capacitación se logra principalmente por la demostración de las prácticas y los resultados en la parcela de la campesina promotora. Uno de los aspectos claves en la identificación de las promotoras, es que sean elegidas libremente y de forma consensuada entre todas las participantes en el programa. La labor desempeñada por estas mujeres será recompensada con un incentivo (material agrícola) que asegure su participación activa. Las promotoras identificadas seguirán, en una segunda etapa, cursos de formación específicos que

asegurarán su capacidad como agentes de promoción de la producción de hortalizas. Los promotores externos se convierten, de esta forma, en meros vigilantes del proceso. La ausencia de material didáctico sobre la instalación de huertos familiares ecológicos, adaptado a las condiciones de la región andina del norte del Perú, hizo necesario la sistematización de la experiencia en un manual de campo accesible a las campesinas y campesinos de esta región (Foto 7). Los usuarios finales de este manual, fueron tanto las campesinas ya capacitadas, a modo de recordatorio de los conocimientos adquiridos, como las futuras promotoras campesinas, convirtiéndose en una valiosa herramienta en sus labores de capacitación. Bajo una perspectiva más amplia, dicho manual de campo puede ser una referencia para todas las campesinas y campesinos de la Sierra Norte Peruana.

El manual de campo fue validado gracias a la colaboración de algunas campesinas, permitiendo adaptar el lenguaje de estos manuales a la realidad cultural de la zona (ej. unidades y sistemas de medida). Durante varias sesiones de capacitación se realizaron talleres de manejo del manual, para que de esta forma las campesinas se familiarizaran con su uso (Foto 8). Debemos señalar la buena acogida de dicho manual por parte de las campesinas, ya que lo consideraban en parte fruto de su esfuerzo.



**Figura.** Mapa del Departamento de Piura (INEI)

Mediante un acuerdo de colaboración con la organización MIRHAS-PERÚ, se publicaron 1.000 ejemplares del “Manual para la instalación de viveros comunales y huertos familiares permanentes”. De estos 1.000 ejemplares publicados en esta primera edición, 500 fueron utilizados en el presente proyecto, distribuidos entre los beneficiarios directos del proyecto, y los técnicos extensionistas municipales. Los ejemplares restantes fueron utilizados por MIRHAS-PERÚ para su difusión en el distrito de Chalaco, lográndose así un magnífico efecto multiplicador de las metodologías validadas. Numerosas familias del distrito vecino aprovechan en la actualidad las experiencias validadas en este proyecto.

### **7.3. Los sistemas agroforestales, o la diversificación de estructuras y productos como estrategia para compatibilizar producción y conservación en un medio natural difícil**

#### ***Introducción***

¿A qué se debe la existencia de comunidades aisladas en pleno siglo XXI? Teniendo en cuenta nuestra inmensa capacidad de transformar la naturaleza y de transportar personas y enseres por tierra, mar y aire, parece razonable pensar en dos tipos de causas: la existencia de un medio natural duro, hostil, con baja potencialidad productiva y que, además, dificulta y encarece la construcción y el mantenimiento de vías de acceso, y la propia voluntad de nuestra sociedad, que desea respetar espacios naturales protegidos o poblaciones indígenas. En ambos casos, el desarrollo de las comunidades aisladas pasa por un obligada cuasi-autarquía, impuesta por su aislamiento, y se enfrenta con dos importantes retos: la necesidad de conseguir el aprovechamiento eficiente y sostenido de recursos y servicios de un entorno natural generalmente difícil y la de garantizar que ello no provoca degradaciones irreversibles en el mismo. A ellas habría que añadir una tercera, que es garantizar un nivel de vida digno para la población, tanto desde el punto de vista económico como social: sanidad y cultura, sobre todo. En definitiva, es necesario compatibilizar desarrollo rural sostenido con conservación del medio natural, y hay que hacerlo en un territorio aislado, donde la comercialización de productos y servicios resulta difícil, lenta y, sobre todo, cara.

En pleno siglo XXI, es evidente que la búsqueda de soluciones para el desarrollo sostenido de comunidades aisladas debe pasar por el empleo de las nuevas tecnologías, cuya puesta a punto ha requerido a menudo complejos procesos de ingeniería. Sin embargo, no por ello pueden ser olvidadas otras más antiguas, desarrolladas y depuradas durante milenios por la sociedad humana en su duro proceso de co-evolución con su entorno. Desde el comienzo de la revolución neolítica, la humanidad ha transformado el medio natural con el objetivo de satisfacer sus necesidades vitales de forma cada vez más eficiente (Leakey, 1993; Maroto, 1998). En el caso de medios naturales con fuertes limitaciones ecológicas (clima, suelo, topografía) es habitual que el proceso haya conducido a la diversificación de las estructuras y los productos como estrategia para conseguir eficiencia y estabilidad productiva, ambiental y social. Esa diversificación suele combinar técnicas potentes, como las agrícolas, más adaptadas a ambientes favorables, que generan producciones altas, pero son poco eficientes y pueden contaminar, con otras más extensivas y eficientes, como las forestales, que producen cantidades menores de una mayor variedad de recursos de forma eficiente y sostenida. El resultado son los Sistemas Agroforestales: “*un término nuevo para técnicas muy antiguas*” (Nair, 1993).

Como cabe imaginar, las características básicas de estructura, composición y funcionamiento de los sistemas agroforestales tradicionales no son sino el resultado del mencionado proceso de co-evolución en el medio concreto para el que fueron creados. Fuera de él probablemente no fuesen viables o, al menos, eficientes. Sin embargo, la idea general, con nuevos diseños, adaptados mediante la ciencia y la técnica a cada caso concreto, está resultando de una enorme utilidad para afrontar algunos de los grandes retos que el cambio global está provocando en países con fuertes limitaciones ecológicas, y en mayor medida en comunidades aisladas. En todo el planeta, y muy especialmente en esos casos, el desarrollo económico y el social dependen del adecuado

mantenimiento de los sistemas ecológicos que los sustentan: el denominado capital natural del planeta (Constanza y Daly, 1992).

Con este trabajo pretendemos contribuir a aportar algunas ideas sobre estructura, composición, funcionamiento y gestión de los sistemas agroforestales, como estrategias de diversificación y estabilidad para el desarrollo de comunidades aisladas.

### ***Los Sistemas Agroforestales. Concepto, tipología, casos en los que son particularmente útiles y situación actual***

Los sistemas agroforestales son sistemas agrarios que combinan en un mismo territorio, de forma simultánea o secuencial, plantas leñosas (árboles o arbustos) y herbáceas, a menudo con animales que se alimentan de ellas (Jarvis, 1991; Nair, 1993; Rigueiro et al., 2009). Tanto las plantas leñosas como las herbáceas y los animales pueden ser de carácter silvestre o doméstico. La diversificación de estructuras, composición y funcionamiento, que necesariamente complica la gestión, resulta imprescindible para conseguir estabilidad, y no sólo productiva, sino también ambiental y social. En el caso de comunidades aisladas, la diversificación es inevitable para satisfacer, de forma autárquica o casi, las múltiples demandas de recursos (alimentos, madera, tejidos, energía, agua y otros) de la sociedad. Del mismo modo, esa diversificación resulta esencial en ambientes frágiles (como los tropicales, los secos y los de montaña) y en ecosistemas de alto valor natural, donde la aplicación de técnicas agrícolas puras podría provocar catástrofes ecológicas. Finalmente, las diferentes tasas de renovación de los recursos, cortas en animales y herbáceas y largas en leñosas, garantizan estabilidad y complementariedad en la percepción de las rentas, lo que resulta vital para el desarrollo socio-económico. En definitiva, la diversificación estructural y productiva de los sistemas agroforestales les permite aprovechar de forma eficiente y sostenida los tres tipos de servicios que los ecosistemas prestan a la sociedad: los de abastecimiento, los de regulación y los culturales (Millenium Ecosystem Assessment, 2005).

Hay evidencias de sistemas agrícolas y ganaderos rudimentarios de más de 10.000 años de antigüedad, y también de que esos sistemas aparecieron de forma independiente y más o menos simultánea en diversas partes del globo: Mesopotamia, Africa, Asia y América (Leakey, 1993). Desde ese momento, la humanidad los ha combinado en el espacio y en el tiempo para generar sistemas agroforestales que permitiesen satisfacer con eficiencia creciente sus necesidades vitales.

La tipología de los sistemas agroforestales puede ser abordada desde muy diversos puntos de vista (Jarvis, 1991; Etienne, 1996; San Miguel, 2006; Rigueiro et al., 2009) y con muy diferentes escalas territoriales. Sin embargo, la más clásica es la de Nair (1993), que se basa en el análisis de los componentes, agrícolas, silvícolas o ganaderos, del sistema. Según esa clasificación, los sistemas agroforestales pueden ser agro-silvícolas (agricultura y selvicultura), silvo-pastorales (selvicultura y pascicultura, con ganado o animales silvestres), agro-silvo-pastorales (agricultura, selvicultura y pascicultura) o más complejos, como cuando incluyen técnicas de acuicultura.

### ***La dehesa española, como modelo de sistema agroforestal tradicional***

España, como cualquier otro país con limitaciones ecológicas y una larga historia de transformación antrópica, presenta un amplio catálogo de sistemas agroforestales, en

nuestro caso muchos de ellos todavía vivos y funcionales (San Miguel, 2003). De entre todos, destaca la dehesa, no sólo por la amplia superficie que ocupa (más de 4 M ha) sino también por su considerable belleza estética y sistémica. Miles de años de co-evolución del hombre con un medio natural difícil (Stevenson y Harrison, 1992) han permitido alcanzar unos grados de modelado de estructuras y procesos biológicos y unos niveles de eficiencia y estabilidad difícilmente superables (Joffre et al., 1999; Olea y San Miguel, 2006; Gea et al., 2010). Por ello, la dehesa es hoy conocida y reconocida como modelo de sistema agroforestal sustentable (paisaje cultural de alto valor ecológico) en todo el mundo (Pérez-Soba et al., 2007).

La dehesa española es un sistema agro-silvo-pastoral que responde a la necesidad de supervivencia de comunidades aisladas en un medio natural limitado por un clima difícil, el mediterráneo, caracterizado por una larga sequía estival y una gran variabilidad entre años, y un suelo oligotrófico, no apto para el cultivo agrícola continuado y rentable (Montero et al., 2003; Olea y San Miguel, 2006). Ha sido modelado por una gestión antrópica diversificada, extensiva y eficiente que buscaba el aprovechamiento sostenido de sus recursos y que se ha convertido en su ineludible herramienta de conservación: la cultura que hace el paisaje, en palabras del Prof. Montserrat Recoder (2009). Sin embargo, no es un mero sistema productivo, es también un agrobiosistema con altos niveles de biodiversidad en todas sus escalas: desde la paisajística hasta la específica y genética de plantas y animales, tanto silvestres como domésticos: razas y estirpes ganaderas y variedades y cultivares agrícolas. Esa diversidad le confiere versatilidad y le ha permitido persistir durante al menos un milenio. Por ello, la Unión Europea la ha incluido en el catálogo de tipos de hábitats de interés comunitario en la Directiva 92/43/CEE “Hábitats”, que obliga a mantenerla en un estado de conservación favorable, el Gobierno de España ha elaborado el Plan Español de Dehesas y las Comunidades Autónomas de Extremadura y Andalucía han aprobado sendas leyes sobre ella.



Figura. Dehesa en primavera. Fuente: los autores.

La dehesa se ha definido como un monte arbolado con espesura defectiva cuyo aprovechamiento principal es la ganadería extensiva (SECF, 2005). Las principales características de sus elementos básicos (Olea y San Miguel, 2006) aparecen reflejadas en las Tablas 2, 3, 4 y 5.

<b>Función principal</b>	<u>Estabilidad</u> : estructura, suelo, paisaje, clima, erosión, ciclos biogeoquímicos, sombra, biodiversidad, C, alimento para ganado, cultura, etc.
<b>Especies</b>	<i>Quercus ilex rotundifolia</i> (= <i>Q. ilex ballota</i> ), <i>Q. suber</i> (esclerófilos perennifolios), <i>Q. faginea</i> , <i>Q. pyrenaica</i> (marcescentes) y otras.
<b>Densidad</b>	(15) 20 – 100 (200) árboles adultos/ha
<b>Cobertura de copas</b>	(5) 10 – 50 (70)%
<b>Área basimétrica</b>	2 – 10 (15) m <sup>2</sup> /ha
<b>Productos: producción media anual</b>	<u>Leña</u> : 800-5000 kg/ha-rotación (MS) <u>Ramón</u> (de podas o ramoneo directo): 400-1500 kg/ha (MS) <u>Bellotas</u> : (100) 200 – 600 (800) kg/ha, con vecería. <u>Corcho</u> (sólo <i>Q. suber</i> ): 500-1500 (2000) kg/ha-rotación
<b>Rotación selvícola</b>	<u>Cortas de regeneración</u> : turno físico, o senescencia (150 años para <i>Q. suber</i> y 250-300 para otras especies). <u>Podas</u> : 10-15 años. <u>Descorche</u> : 9-12 años
<b>Amenazas</b>	Desaparición de su modelo tradicional de gestión: trashumancia, cambios en especies, razas y sistemas de gestión del ganado, rotaciones agrícolas plurianuales, etc.. Mortalidad acelerada (seca) del arbolado. Incentivos de propietarios para la gestión.

**Tabla 2.** Características básicas del arbolado de la dehesa.

<b>Función principal</b>	Proporcionar alimento para el ganado
<b>Comunidades</b>	Anuales dominantes. Perennes en zonas de vaguada. Majadales: óptimo productivo creado y mantenido por el ganado
<b>Producción</b>	1000-2700 kg/ha-año (MS). Los majadales, unos 3000 como media.
<b>Distribución estacional de la hierba verde</b>	Primavera: 60-70%; Verano: 0%; Otoño: 15-25%; Invierno: 5-15% Muy variable, debido a la variabilidad climática
<b>Objetivos de la gestión</b>	Mejora de la calidad (leguminosas), mediante una buena gestión del ganado y pequeñas fertilizaciones fosfóricas. Así se reduce al mínimo la necesidad de suplementación al ganado.
<b>Mejora</b>	Pastoreo continuo e intenso, diversificado en especies y épocas.

**Tabla 3.** Características básicas de los pastos herbáceos naturales de la dehesa.

<b>Función principal</b>	Complementar a los pastos naturales en épocas, calidad o cantidad
<b>Tipos</b>	<u>Cereales</u> : avena, cebada, centeno, triticale, trigo. Para grano, que se cosecha o aprovecha por pastoreo, o para forraje. A veces veza-avena, para siega y henificación. <u>Praderas</u> . Aprovechadas por pastoreo o siega, según tipos. Son frecuentes las de leguminosas, que aportan proteína y minerales, escasos en los pastos naturales.
<b>Producción</b>	Cereales: grano (1000-3000 kg/ha), paja (2000-5000 kg/ha) Praderas: alrededor de 3000 kg/ha (MS) Veza-avena: 3000-6000 kg/ha (MS). Para heno
<b>Gestión</b>	Laboreos previos a la siembra, que suele ser de otoño Fertilización: cereales y veza-avena: N-P-K, praderas de leguminosas: P Cereal crops: N-P-K usually 200-300 kg/ha (8-24-8 or 15-15-15)

**Tabla 4.** Características básicas de los cultivos de la dehesa.

<b>Función principal</b>	Principal producto directo
<b>Tipos</b>	<u>Bovino</u> : avileña-negra ibérica, morucha, retinta, lidia, blanca cacereña, berrenda en colorao, berrenda en negro, atigrada de Salamanca, ... <u>Ovino</u> : merino, Ile de France, Fleischschaff, Landschaff, ... <u>Porcino</u> : cerdo ibérico (negro lampiño, negro entrepelado, colorado,...) <u>Caprino</u> : verata, retinta, serrana,... <u>Equino</u> : burro (andaluz,...), mula, caballo (español,...)
<b>Producción</b>	<u>Bovino</u> : 0.2 – 0.4 /ha; <u>Ovino</u> : 2 – 4 /ha; <u>Caprino</u> : 2 – 3 /ha; <u>Porcino ibérico</u> : 0.4 – 0.6 /ha Diversas especies para diversos recursos, pero no mezcladas: cada una en su sitio y para aprovechar su especialidad.
<b>Gestión</b>	Minimiza necesidades de suplementación aprovechando eficientemente los pastos naturales y coordinando con su fenología la del ganado: partos y lactación. <u>Bovino</u> : partos de otoño o finales de invierno, según clima. Lactación: 5-6 meses. <u>Ovino-caprino</u> : un parto por año, primavera u otoño, o tres partos cada dos años. Lactación: 45 días. <u>Cerdo ibérico</u> : dos partos/años: primavera y otoño. Los lechones de otoño se emplean, tras un año de cebo, para el aprovechamiento de la montanera: cerdos de bellota o recebo.

**Tabla 5.** Características básicas del ganado de la dehesa.

La situación actual de la dehesa es muy difícil porque su conservación requiere una gestión extensiva, diversificada y eficiente que hoy no resulta rentable (Campos et al., 2001), y a veces ni siquiera posible, para sus propietarios, y porque todo ello se complica con la ausencia o escasez de regeneración y la mortalidad acelerada del arbolado (Olea y San Miguel, 2006). Sin embargo, sus planteamientos generales, depurados por muchos siglos de co-evolución hombre – naturaleza, pueden servir de modelo para abordar problemas nuevos en situaciones muy diferentes.

### ***Los Sistemas Agroforestales tropicales***

Uno de los principales motores indirectos de lo que hoy denominamos cambio global es el crecimiento exponencial de la población humana, que se produce de forma muy especial en países tropicales con niveles de desarrollo bajos o moderados (Millenium Ecosystem Assessment, 2005; UNEP-FAO-UNFF, 2009). Ese crecimiento, unido a la pobreza, obliga a la población a tratar de satisfacer sus dos principales necesidades vitales, alimento y energía (leña), en el medio natural y ello, como ha sucedido a lo largo de toda la historia de la humanidad, obliga a hacerlo mediante la deforestación, generalmente por quema, y el avance de la frontera agrícola.

En el ámbito tropical, uno de los principales problemas que se plantean en el ámbito tropical es que sus tasas de descomposición, humificación y mineralización de la materia orgánica y de lavado de los nutrientes en el suelo son tan elevadas que, sin cobertura arbórea, el suelo pierde rápidamente no sólo su fertilidad sino también su estructura, y deja de ser apto para el cultivo agrícola en muy pocos años. La fertilidad de esos sistemas no está en el suelo, sino sobre todo en el vuelo, en la vegetación arbórea, que permanentemente la bombea a través del desfronde (hasta 40 t/ha-año en Materia Seca, MS) y que mantiene la estructura del suelo mediante sus sistemas radicales y la intensa dinámica de mortalidad y formación de nuevas raíces.

La rápida pérdida de fertilidad de los suelos deforestados y cultivados obliga a los campesinos a abandonar cada pocos años los terrenos que habían ganado al bosque (chacras, rozas) y a crear otros nuevos: es la llamada agricultura de tumba y quema. Como se puede comprender, esa situación, que afecta a la práctica totalidad de los

países tropicales del mundo, y muy especialmente a las comunidades aisladas, genera deforestación, emisión de gases de efecto invernadero, fraccionamiento de terrenos forestales, pérdida acelerada de biodiversidad, cambio climático y, además, no sólo no resuelve los problemas de pobreza, enfermedad y marginación, sino que los agrava (Godar, 2009; UNEP-FAO-UNFF, 2009).

Las comunidades indígenas tropicales han evitado el problema descrito mediante la deforestación de parcelas de pequeño tamaño, cuya ubicación iban cambiando de sitio mediante rotaciones y cuya fertilidad y estructura edáficas podían recuperarse gracias a los aportes del bosque circundante. Sin embargo, esa situación, que era sustentable para pequeñas comunidades, ha dejado de serlo al incrementarse la población, mediante la invasión de campesinos procedentes de otros ámbitos y al perderse la cultura ecológica local.

En la actualidad, los sistemas agroforestales constituyen probablemente la única alternativa viable para conseguir que las comunidades humanas puedan establecerse de forma permanente en un territorio tropical y satisfacer, de forma sostenida y eficiente, sus principales necesidades vitales (Jarvis, 1991; Nair, 1993, Huxley, 1999; Murgeutio, 2006). Sin embargo, a diferencia de lo que sucede con la dehesa y otros sistemas agroforestales tradicionales, aquí no se cuenta con la experiencia acumulada durante siglos por generaciones de campesinos. En este caso, es imprescindible investigar: aprender cómo funcionan los sistemas agroforestales en los trópicos, discernir qué papel juega cada uno de sus elementos (árboles, hierbas, animales domésticos y silvestres, suelo, agua, personas) y cuáles son las principales interacciones entre ellos; elegir las especies y variedades vegetales y animales más adecuadas para adaptarse a las condiciones ecológicas locales y satisfacer las necesidades humanas y, finalmente, diseñar la gestión integrada más eficiente para que todo funcione.

Como se puede comprender, en esa actividad tienen cabida no sólo las ramas más tradicionales del conocimiento científico, y muy especialmente las ingenierías agrícola y forestal, sino también las más novedosas, como la biotecnología, los nuevos sistemas de gestión del agua y la fertilidad, las telecomunicaciones o los sistemas de observación de la tierra. Sin embargo, aunque es imprescindible, el avance del conocimiento no es suficiente para resolver el problema. Es también necesario que ese conocimiento que se genera - porque se está generando, y con gran rapidez - llegue a los campesinos, y para ello es también imprescindible una intensa labor de extensión agroforestal, de demostración que las nuevas alternativas son viables y accesibles para los campesinos (Bertomeu, 2004). Sólo así, mediante una buena labor de extensión y cooperación al desarrollo, poniendo a su disposición los materiales y el apoyo técnico y económico necesarios, será posible que los sistemas agroforestales pasen de ser una promesa a una realidad que contribuya a resolver los problemas de desarrollo sostenido de las comunidades tropicales y de conservación de nuestro propio planeta.

#### **7.4. La ordenación y la restauración de las cuencas de montaña con poblaciones aisladas**

*Introducción: El papel del bosque en la seguridad y desarrollo sostenible de las comunidades aisladas de montaña*

El riesgo de desastres naturales, normalmente asociados a eventos torrenciales, es un problema previsible en las comunidades aisladas de montaña. La ubicación habitual del monte o sector forestal es en los terrenos de cotas más altas y de mayores pendientes, aguas arriba del límite hasta donde llegan las explotaciones agropecuarias. En él inciden con mayor frecuencia e intensidad los eventos torrenciales, aguaceros o fusiones repentinas del manto de nieve, y en él se puede desencadenar el fenómeno del geo-dinamismo torrencial, que funciona vinculado a una cuenca hidrográfica, en la que intensifica los ciclos del agua y de los sedimentos; causando con ello, además de un incremento de las escorrentías de ladera y de los caudales líquidos en los cursos de montaña, procesos de erosión del suelo en las áreas dominantes o de cabecera de la cuenca; el transporte de los sedimentos erosionados, tanto por las escorrentías de ladera como por los flujos de avenida, hacia aguas abajo y su depósito en las áreas dominadas de la cuenca, donde se pueden producir inundaciones y aterramientos dependiendo de la magnitud e intensidad del geo-dinamismo torrencial. Por ello, en el área dominante de la cuenca se debe mantener, siempre que el clima y el suelo lo permitan, una cubierta vegetal permanente, que dificulte el inicio del geo-dinamismo torrencial o, si éste se ha iniciado, disipe una parte de su energía; para así amortiguar sus efectos.

La cubierta que mejor cumple con dichos objetivos es el bosque en buen estado de conservación; pues en lo que se refiere al ciclo del agua, aumenta la rugosidad y permeabilidad del suelo, reduciendo con ello la velocidad de escorrentía y favoreciendo la infiltración, con lo que contribuye a laminar los caudales de avenida. Por otro lado, proporciona al suelo una cubierta que le protege de la erosión hídrica, con lo que, además de mantenerle su fertilidad, reduce la emisión de sedimentos en suspensión de la cuenca vertiente; disminuye la concentración de sólidos en los flujos de avenida y la tensión de corte de éstos en los cauces por donde circulan; en síntesis, amortigua el dinamismo del ciclo de los sedimentos en la cuenca. Por ello la reforestación ha sido la técnica más utilizada en los trabajos de restauración de las cuencas de montaña; aunque en algunos parajes hay cubiertas vegetales autóctonas que tienen propiedades similares; como es el caso del *pajonal* que se extiende por las cumbres de la Cordillera Andina por encima de los 3000 m snm asentado en suelos de cenizas volcánicas (*andosoles*), que se comenta más adelante. Tanto el bosque como el pajonal protegen los recursos de agua y suelo de la cuenca vertiente, facilitando con ello el aprovechamiento racional de éstos y contribuyendo a su desarrollo sostenible.

### ***Las coordenadas espacio-temporales en los proyectos hidrológico-forestales***

Para entender la función protectora del bosque en sus coordenadas espacio-temporales, resulta útil tener presente: *a)* que el bosque natural se considera permanente y su existencia en el lugar se debe a que en el mismo se dan las condiciones de clima y suelo que lo permiten; pero cuando en un paraje se implanta el bosque mediante reforestación o por regeneración natural, el periodo que necesita para consolidarse es prolongado; en los climas de montaña europeos es normal que supere los sesenta años; en climas tropicales húmedos, como Costa Rica, el bosque secundario se restablece entre diez y quince años; *b)* al estudiar los efectos protectores del bosque ante los eventos meteorológicos, se considera a éstos aleatorios y referidos a su probabilidad de ocurrencia; por lo que siendo el bosque una cubierta vegetal que necesita un largo periodo para establecerse, resulta coherente utilizar también un periodo prolongado para abordar los distintos tipos de eventos meteorológicos que inciden en él.

***La experiencia de los trabajos de restauración de montañas en Europa entre la segunda mitad del siglo XIX y primera del XX: La corrección de torrentes; la restauración hidrológico-forestal y la ordenación agro-hidrológica de las cuencas torrenciales***

Al inicio del siglo XIX extensas áreas de montaña del sur de Europa se encontraban fuertemente deforestadas y con sus suelos muy degradados, lo que suponía un riesgo elevado para las poblaciones ubicadas en ellas y para sus vías de comunicación, ante las previsible inundaciones y aterramientos que pudieran causar las crecidas de los torrentes que drenaban por ellas; así como por la amenaza de desprendimientos de aludes. Ante este panorama, en todos los países afectados se emprendieron los trabajos de restauración de montañas, que más adelante se conocerían como trabajos de corrección de torrentes o restauraciones hidrológico-forestales. Entre los ingenieros que fueron estableciendo la metodología de corrección de las cuencas de montaña destacan Surrel (1841), que observó que, para asegurar la eficacia de las obras hidráulicas de corrección de torrentes, se precisaba restaurar sus cuencas vertientes y, para restaurar éstas, el bosque era un elemento esencial; por lo que si las cuencas estaban rasas había que reforestarlas. Thiery (1891) actualizó su metodología y estructuró los conceptos específicos de la corrección de torrentes: el *caudal generador del lecho* y la *pendiente de compensación* asociada al mismo; además de planificar los trabajos de reforestación de sus cuencas vertientes. García Nájera (1943) planteó una ecuación para explicar el movimiento de la corriente con arrastres en un curso torrencial, como base para establecer un procedimiento para el cálculo de su pendiente de compensación. Las cuencas restauradas constituyen hoy en día una infraestructura de primer orden en la economía de estas áreas de montaña; sin que muchas veces se tenga en cuenta, ni se aprecie lo suficiente, los esfuerzos que exigieron en el pasado; ni tampoco se percate de la necesidad de su conservación en buen estado en el presente. Además han contribuido a crear una sensibilidad naturalista en la sociedad actual; que plantea la reconstrucción de los torrentes con criterios fluvio-morfológicos, con adecuación paisajística al entorno y manteniendo el hábitat del propio torrente, especialmente en las áreas protegidas o turísticas; diversos autores, como **Lenzi et al.** (2000), han realizado propuestas en este sentido; siempre manteniendo el objetivo esencial de los trabajos de restauración de las cuencas de montañas: la seguridad de sus áreas dominadas.

Lo habitual en las cuencas habitadas es que una parte de ellas, normalmente situada en sus áreas dominadas, se dedique a cultivos ó pastizales. La ordenación de la cuenca debe asegurar su protección, ejecutando trabajos de restauración hidrológico-forestal en las áreas dominantes de la cuenca, aguas arriba de donde se asientan los cultivos y pastizales; pero también debe plantear medidas de conservación de suelos en éstos, para protegerlos de la erosión hídrica y con ello mantener su productividad en el tiempo. Al comentar las medidas de conservación de suelos resulta obligado referirse a la Clasificación Agrológica de Suelos (Bennet, 1939); al USDA Soil Conservation Service (en la actualidad USDA Natural Resources Conservation Service) y al desarrollo de la Ecuación Universal de Perdidas de Suelos, en inglés USLE, (Zingg, 1940; Musgrave, 1947; Wischmeyer & Smith, 1978); así como a su modificación MUSLE (Williams, 1975) y a su revisión RUSLE (Renard et al., 1991). Al partir de los años setenta del siglo XX se asumió en nuestro país que la ordenación de la cuenca atendiera, además de a los riesgos que pudieran causarle los eventos torrenciales que incidan en ella, a su aprovechamiento agropecuario sostenible (Aguiló, 1976; Mintegui & López Unzu, 1990; López Cadenas et al. 1994, 1998). Resumiendo, la ordenación de una cuenca, sea

agro-hidrológica o hidrológico-forestal, es un instrumento, para planificar su protección ante los daños que le pueda causar el geo-dinamismo torrencial que se desencadene en ella en el transcurso de los eventos torrenciales y para regular los ciclos del agua y de los sedimentos en los periodos entre dichos eventos, con el propósito de optimizar el aprovechamiento de sus recursos agua y suelo y favorecer su desarrollo sostenido; mientras que la restauración hidrológico-forestal es un conjunto de técnicas hidráulicas y selvícolas, que se aplican para corregir los torrentes de montaña y rehabilitar sus cuencas vertientes, de acuerdo con lo establecido en su ordenación.

### ***Características ambientales y problemáticas socio-económicas de las cuencas de montaña de América Latina con poblaciones aisladas***

Las cuencas de montaña de América Latina presentan similitudes con las de otras regiones montañosas del mundo, pero también características que les son específicas. En este documento se analizan dos tipos de cuencas: *a)* las de las regiones tropicales, diferenciando dentro de ellas las húmedas de media montaña, de las de clima más continental de alta montaña y *b)* las cuencas andino-patagónicas. En ambas los objetivos de su ordenación y restauración, si fuera preciso, incluyen: 1) la adopción de las medidas pertinentes para evitar o al menos reducir los riesgos para las poblaciones asentadas en la cuenca, ante la posibilidad que los eventos torrenciales que incidan en ella, desencadenen procesos geo-torrenciales en la misma y 2) asegurar el asentamiento de sus poblaciones a medio y largo plazo, mejorando sus condiciones de vida.

En las cuencas de montaña tropicales es frecuente encontrarse con pequeños núcleos de población diseminados por ellas, dedicados a explotaciones agropecuarias familiares que distribuyen de este modo parcelas de cultivos y pastizales por todas las altitudes de la cuenca, cuya viabilidad a medio y largo plazo conviene analizar; lo que justifica su ordenación agro-hidrológica, bien para mejorar la gestión de sus recursos naturales o como paso previo a una posible restauración. Son cuencas en las que los deslizamientos del terreno son habituales; tanto superficiales, favorecidas ocasionalmente por un uso inapropiado del terreno, como rotacionales motivadas por causas naturales. Las cuencas andino-patagónicas presentan cierta similitud con las cuencas alpinas europeas y en ellas el geo-dinamismo torrencial se hace patente también por las fusiones repentinas del manto de nieve y por los desprendimientos de aludes. Su población se concentra básicamente en las áreas dominadas, donde se localizan también las zonas de producción agropecuaria y en algunas de estas cuencas la actividad turística llega a ser muy importante. Son cuencas en las que la ordenación se focaliza en el aspecto hidrológico-forestal: el control de los torrentes y la delimitación y conservación de las superficies dedicadas a cubiertas arboladas o de matorral leñoso en sus cuencas vertientes, para asegurar con ello dicho control.

El empleo de la vegetación permanente dentro de las estrategias para la ordenación de la cuenca presenta singularidades en cada una de las situaciones analizadas. En las cuencas tropicales húmedas de media montaña es posible restablecer el *bosque secundario* en los lugares que, de acuerdo con los criterios de ordenación de la cuenca, proceda implantarlo; sin otra labor que abandonar en ellos los usos agrícolas o de pastos existentes; ya que el potencial fito-climático de la región es muy alto. En las cumbres de las cuencas tropicales de alta montaña por encima de 3000 m snm puede existir una cubierta de *pajonal* asentada sobre *andosuelos*, que posee una elevada capacidad higroscópica; por tanto, si dicha cubierta existe, en la ordenación de la cuenca se

propone su conservación, porque supone la mejor opción para regular el régimen hidrológico, conservar el suelo e impedir el inicio del geo-dinamismo torrencial en estas cumbres; así como evitar el riesgo de su propagación aguas abajo por toda la cuenca; además se debe tener en cuenta que si el pajonal se degrada, su recuperación es prácticamente inviable. Aguas abajo del dominio del pajonal suele presentarse una franja de *bosque siempre-verde*, cuya capacidad de regeneración, de ser alterado, es menor que el que presenta el bosque secundario en los climas húmedos. Las cuencas andino-patagónicas, a semejanza de las cuencas alpinas europeas, presentan glaciares o simplemente rocas en sus cumbres y el bosque aparece a cotas inferiores condicionado por el *timber line* o línea hasta donde se dan las condiciones climáticas y edáficas para su presencia. El manteniendo de este bosque en las zonas de mayores altitudes y pendientes de la cuenca, puede ser esencial para evitar riesgos en las áreas dominadas de la misma, donde se localizan las poblaciones.

Se señala la necesidad de conocer el módulo hidrológico y los caudales de crecida representativos (generadores del lecho) de los cursos que drenan por estas cuencas de montaña, tanto porque la población los aprovecha para su abastecimiento e irrigación; como para emprender la corrección de estos cursos si las circunstancias lo requieren.

## **7.5. Estudio de casos**

### **7.5.1. Aproximación a una ordenación agro-hidrológica o hidrológico-forestal en tres pequeñas cuencas de montaña de América Latina**

Se plantea, a modo de primera aproximación, la ordenación de tres pequeñas cuencas de América Latina, representativas de las zonas: tropical húmeda de media montaña (*a-1*); tropical continental de alta montaña (*a-2*) y andino-patagónica (*b*).

*a-1*) La cuenca del río Pejibaye analizada está situada al suroeste de Costa Rica y tiene una superficie de 132,02 Km<sup>2</sup>; su orografía es accidentada con unos valores medios de 27 % de pendiente y 700 m snm de altitud y su módulo pluviométrico es de 2000 mm. Toda ella estuvo cubierta por un *bosque tropical húmedo* hasta 1940, en que se inició su desmonte y puesta en producción. En la actualidad el 50 % de su superficie se destina a cafetales de sombra y cultivos rotacionales; otro 45 % se dedica a pastizales y el 5 % restante lo ocupa un bosque secundario.

*a-2*) La cuenca del río Guabalcón se ubica en la Sierra Occidental Andina del centro de Ecuador, tiene una superficie de 65,83 Km<sup>2</sup>, su orografía es abrupta con un 56 % de pendiente media y sus cotas máxima y mínima snm son 4420 m y 1370 m, con una altitud media de 2000 m; su módulo pluviométrico es de 700 mm en las cotas más bajas y 1000 mm a partir de 2800 m snm. La vegetación presenta cinco estratos conforme descende en altitud: 1) *pajonal típico del páramo* asentado sobre *andosuelos* por encima de los 3.600 m snm, que representa el 14,8 % de la cuenca; 2) *Vegetación de chaparro y pajonal*, por encima de los 2.800 m snm, ocupando el 17,2 %; 3) *Pastizal-chaparro*, una zona poblada cuyos pastizales son irrigados, corresponde al 42,2 % de la cuenca; 4) *Cultivos y pastos*, se trata de un paraje agrícola y ganadero en cotas inferiores a 2000 m snm, que ocupa un 18,6 % de la cuenca, y 5) *Maleza y cultivos*, en la zona más baja y árida de la cuenca y representa el 7,2 % de la misma.

b) La cuenca del arroyo de Buena Esperanza tiene características propias de las cuencas andino-patagónicas, pero en ella no existen poblaciones aisladas en sentido estricto, aunque su población pueda sentirse aislada en el fin del mundo. Está ubicada en la provincia de Tierra del Fuego (Argentina), entre la Cordillera Fueguina 1266 m snm y el Canal Beagle, y tiene una superficie de 14,6 Km<sup>2</sup>. La sección de cierre de la cuenca tiene de cota 14,6 m snm y se sitúa aguas arriba de la ciudad de Ushuaia, a la que vierte y le abastece de agua. Su orografía es accidentada y se distinguen tres zonas: 1) la superior de glaciar; 2) la intermedia ubicada entre la anterior y el límite norte de la población de Ushuaia, en ella existe un bosque natural de *Nothofagus* y superficies de turberas y 3) la baja que forma parte del área urbana de Ushuaia. Su módulo pluviométrico es 520 mm en la zona inferior y 1300 mm en el glaciar.

En las tres cuencas descritas su ordenación persigue los dos objetivos enunciados en el apartado anterior. En las cuencas (a-1) y (a-2) se plantea una ordenación agro-hidrológica, ya que ambas existen aprovechamientos agro-pecuarios, mientras que en la (b), al faltar de éstos, se trata de una ordenación hidrológico-forestal. Toda ordenación se plantea en dos fases. En la primera se consideran los dos factores fundamentales de la cuenca que inciden en el desencadenamiento del geo-dinamismo torrencial: la altitud y la pendiente en sus diferentes zonas. De acuerdo con el primero se divide la cuenca en áreas dominantes y dominadas; respecto del segundo se realiza el mapa de pendientes de la cuenca y se adopta como referencia el gradiente a partir del cual se deben mantener las cubiertas vegetales permanentes (bosque o matorral leñoso), para controlar el geo-dinamismo torrencial en las mismas. En la segunda fase se precisan los detalles atendiendo a la magnitud e intensidad de los eventos torrenciales que inciden en la cuenca; las características de sus suelos y los usos a los que se dedican, es decir sus cubiertas vegetales y las condiciones socio-económicas que motivan la ordenación. Como consecuencia de lo expuesto, en las cuencas ordenadas se diferencian las zonas de *protección* y las zonas de *producción*. En las primeras se limitan los usos del suelo para impedir que en ellas se inicien procesos geo-torrenciales y que sus efectos se transmitan a las áreas de la cuenca situadas aguas abajo. En las segundas las limitaciones, si se imponen, son reducidas y el uso del suelo se destina a la agricultura y ganadería. En medio se plantea una situación que se ha denominado zona de *producción sostenible*, expresión con la que se quiere indicar que se mantiene en producción por razones socio-económicas, pero que debe ser protegida o sostenida con trabajos de sistematización del terreno y conservación de suelos. Las obras y trabajos hidrológico-forestales (hidráulicas y selvícolas) se ejecutan en las zonas de *protección*; mientras que las de *producción* son las que más se benefician de la restauración hidrológico-forestal. Con estos criterios se establece a continuación la ordenación de las referidas cuencas, tras haber sido reconocidas entre 2005-08, en el transcurso del Proyecto EPIC FORCE financiado por el 6º Programa Marco de la Comisión Europea (Bathurst *et al.*, 2010; Mintegui & Robredo, 2008).

a-1) La cuenca del río Pejibaye mostraba procesos de erosión importantes en distintas zonas de la misma, que evidenciaban que algunas de ellas debían retornar a bosque, para asegurar la sostenibilidad de las superficies más aptas para la producción agropecuaria. Con este propósito se establecieron como áreas dominantes las situadas por encima de 700 m snm y como dominadas las situadas por debajo. Se estableció como zonas *protectoras* los terrenos que superaban el 60 % de pendiente y los que sin alcanzarlo mostraban síntomas graves de erosión del suelo, especialmente de las áreas dominantes. Como zonas *productoras* se definieron las de pendientes menores del 30 %, cualquiera

que fuese su ubicación en la cuenca, recomendando en ellas las prácticas de conservación de suelos recogidas por el UDA-SCS. En la zona *producción-sostenible* se incluyeron los terrenos de pendiente entre el 30-60 %, dentro de los cuales se hallaban la mayoría de los cafetales de sombra y los pastizales de ganadería extensiva (conocidos como potreros). Las preparaciones del suelo que exige el cafetal de sombra garantizan su conservación; pero en el caso de los potreros se observaron zonas con una importante degradación del suelo, que recomendaba su retorno al bosque secundario al menos temporalmente. También se comprobó la protección que se realiza en Costa Rica a los márgenes de los cauces, que resulta positivo para su conservación y mantenimiento.

a-2) En la cuenca del río Guabalcón se estableció la cota de los 2000 m snm para diferenciar las áreas dominantes de las dominadas. En las primeras se definió como zona de *protección* y se propuso mantener la vegetación autóctona existente, en toda la superficie situada por encima de 2800 m snm. Entre las cotas 2000-2800 m snm se mantuvo como zona de *protección* los terrenos de pendiente mayor del 60 % o aquellos otros que sin llegar a él presentaban síntomas serios de erosión en el suelo; los restantes se clasificaron como de *producción sostenible*. En las áreas dominadas se deslindó una zona situada al noreste de la cuenca con riesgos serios de deslizamientos rotacionales, para evitar cualquier asentamiento en la misma; para el resto se estableció como zona de *protección* los terrenos de pendiente superior al 60 %; de *producción sostenible* los terrenos con pendientes situadas en el intervalo entre el 30-60 % y zonas de *producción* los terrenos de pendiente menor al 30 %, recomendándose en éstos las medidas de conservación de suelos propuestas por el USDA-SCS. Cuestión importante en este río, de marcado carácter torrencial, es la regulación de las tomas de agua para los regadíos en las áreas dominantes y el control de las avenidas en el propio curso en las dominadas.

b) En la cuenca del arroyo de Buena Esperanza la zona alta y la zona media son áreas dominantes. El bosque de *Nothofagus* situado en la zona media resulta decisivo para evitar o en su defecto reducir los daños que, de desencadenarse en la cuenca un proceso geo-torrencial, se producirían en el límite norte del área urbanizada de Ushuaia; que además de la crecida del arroyo, incluirían desprendimientos de barro y piedras sobre dicho límite; por lo que se propuso la conservación del bosque, frente a las amenazas de las constructoras inmobiliarias, porque su valor no es únicamente paisajístico, sino también el equivalente a todas las obras de protección y drenaje que habría que realizar al norte de la ciudad de Ushuaia, para obtener los mismos efectos que con él consiguen.

### ***Participación de las propias comunidades aisladas y de la administración en la ordenación y restauración de las cuencas de montaña***

Cuando en el pasado se plantean los proyectos de restauración de cuencas de montaña en los países meridionales de Europa, la iniciativa parte de la propia administración, que lo define como una medida necesaria para proteger a las poblaciones de las áreas de montaña y a las vías de comunicación que discurren por ellas; siendo su ejecución a cargo del erario público. Pero al tratarse de actuaciones sobre un territorio ocupado por una población, hubo que tener en cuenta sus legítimos intereses, por tanto, se realizaron con su conocimiento y colaboración, a veces deseada y otras veces convenida por la normativa legal vigente, puesto que se trataba de proyectos declarados de interés público.

Este planteamiento no se concibe tratándose de comunidades aisladas en cuencas de montaña de América Latina; pero lo que es posible y deseable, es que estas poblaciones aisladas tomen conciencia que con la ordenación y restauración de la cuenca en la que habitan, pueden reducir en ella los riesgos de desastres naturales causados por eventos torrenciales y que, además, aseguran con ello el mantenimiento a medio y largo plazo de la productividad de sus tierras. Ello exige centrar las actividades agrícolas y ganaderas en las áreas agrónomicamente productivas y limitar el aprovechamiento en las restantes, con el fin de proteger tanto a éstas como a las áreas productivas; es decir, supone una inversión, que muchas veces sólo es posible abordarlo con la ayuda de la administración y tras asumir ésta que lo que desembolsa redundará en beneficio público. Por otro lado, las obras e infraestructuras en cauces torrenciales, incluso si se limitan a simples tomas de agua, deben estar reguladas por una autoridad y ésta debe ser la administración. En América Latina la iniciativa de la restauración de cuencas de montaña podría surgir de las comunidades y la administración asumir a posteriori sus inquietudes; pero para ello las comunidades deben disponer de formación sobre las posibilidades reales de aprovechamiento de sus predios. También hay situaciones en las que corresponde a la administración tomar las medidas pertinentes; como, por ejemplo, en el caso de los pajonales asentados sobre suelos de cenizas volcánicas en las cumbres de la cordillera andina. Estas cubiertas, por su elevada capacidad higroscópica representan una reserva importante de recursos hídricos de las cuencas de montaña en su conjunto y su destrucción por el laboreo supone una pérdida irreparable. La administración debe protegerlas en beneficio de todos, por ejemplo, mediante una figura legal que contemple su preservación y haciendo cumplir la legalidad, lo que no es fácil en estos parajes.

### ***Conclusiones***

Se han explicado las razones que motivaron los trabajos de restauración de montañas en el siglo XIX y su necesidad en cualquier época; las diferencias entre la ordenación y la restauración hidrológico-forestal de una cuenca de montaña y se ha aproximado a la ordenación agro-hidrológica de dos pequeñas cuencas tropicales de América Latina y a la ordenación hidrológico-forestal de una cuenca andino-patagónica.

### **7.5.2. Tres vías innovadoras para el aprovechamiento sostenible de los bosques: conservación y uso de recursos genéticos, captura de carbono y obtención de biomasa con fines energéticos**

#### ***Introducción***

En comunidades rurales aisladas con masas arbóreas de cierta magnitud y capacidad productiva, o que posean notables valores ecológicos en términos de biodiversidad de flora y fauna, proyección cinegética o piscícola; o que el arbolado desempeñe un papel decisivo en la protección de cultivos y en la lucha contra la erosión del suelo en zonas de montaña, o forme parte de sistemas agroforestales especialmente vinculados a países en desarrollo; en todos estos casos existe una importante implicación del sector forestal en la gestión territorial.

La conservación y caracterización de las poblaciones arbóreas existentes y la selección y mejoramiento del material vegetal con destino a plantaciones de producción y a la restauración forestal; la capacidad de captura y almacenamiento del carbono por los bosques (con un total mundial en biomasa de 240 Gt); y, en tercer lugar, el

aprovechamiento de masas arbóreas no maderables (y, en paralelo, el establecimiento de plantaciones) para la producción de dendrocombustibles, son tres vías que, por separado o conjuntamente, pueden contribuir eficazmente a la puesta en valor de la riqueza forestal en estas comunidades.

### ***Conservación y selección de los recursos genéticos***

Los valores ecológicos (conservación de la biodiversidad) y socioeconómicos de los bosques son el punto de mira más plausible para su conservación; pero llevan implícitos, aunque no sean tan aparentes, unos valores genéticos, su condición de acerbos de genes. La conservación de los recursos genéticos implica preservación de la diversidad genética a nivel específico (in situ o ex situ) o no específico (a través de una gestión sostenible). Ello conlleva entender y, en consecuencia preservar los mecanismos que mantienen la diversidad y hacen posible la estabilidad a largo plazo de los ecosistemas forestales (Geburek y Turok, 2005).

En el caso que nos ocupa- comunidades rurales aisladas a las que el monte esté ligado a través de una relación de uso (propiedad) – sólo será factible, en primera instancia, preservar la diversidad genética in situ, con especial atención a las especies arbóreas evitando cortas intensas. Es recomendable la práctica de acciones selvícolas que mantengan (o provoquen) una estructura irregular de la masa (diferentes clases de edad en mezcla), y si las especies arbóreas son dos o más (caso frecuente en el trópico húmedo) aquellas prácticas que sean favorables en términos reproductivos a las especies menos representadas con el fin de evitar su posible desaparición de la masa.

Un segundo paso sería la selección en la masa arbórea de rodales selectos (e incluso árboles aislados) con fenotipos sobresalientes (pies dominantes con buena conformación) para su uso como fuentes semilleras en ayuda directa a la regeneración de la masa o con fines de reforestación o de restauración de otros espacios.

El establecimiento de plantaciones con material de las fuentes semilleras para su conversión en huertos destinados a la producción de semillas requiere cuidados culturales con costes elevados, a lo que se sumaría una posterior y prolongada fase de ensayos de las progenies obtenidas con el fin de seleccionar aquellos reproductores que proporcionasen las mayores ganancias genéticas (Alía *et al*, 2005). En una comunidad rural aislada solamente cabría incluir esta tercera fase de mejora genética en un proyecto con una sustancial ayuda económica y técnica a nivel estatal.

Cabe pensar que la masa forestal, o masas forestales, objeto de éste análisis tengan condiciones ecológicas suficientemente homogéneas para encuadrarlas en una misma región de procedencia por lo cual no cabe hacer distinciones entre orígenes de las semillas. En cualquier caso, sería recomendable el uso de material de la misma procedencia, incluso de la misma masa arbórea presente en la comunidad, y proceder solamente a la selección a nivel de rodal (e individuo) antes mencionada.

Cualquiera que sea la vía elegida (factible, en función de disponibilidades económicas) deben tenerse en cuenta los principios que rigen la selección para una acertada elección del material reproductivo (Alía *et al*, 2009). Asimismo, cabe tener presente la información general de FAO (2009) y, especialmente, la serie publicada como “Recursos Forestales”, en que se abordan problemas específicos (y se aportan vías de

solución) en el manejo de los recursos forestales en el ámbito rural de África y Centro- y Sur- América.

Cuestión importante es la que atañe al calentamiento global y su repercusión en poblaciones arbóreas en áreas de montaña. A este respecto, el PNUD (Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo) en colaboración con el PPD (Programa de Pequeñas Donaciones) del FMAM (Fondo para el Medio Ambiente Mundial) ha diseñado el proyecto de Adaptación Comunitaria (CBA) con el objetivo de reducir la vulnerabilidad y aumentar la capacidad adaptativa a los efectos adversos del cambio climático; en su marco, ya se está llevando a cabo un proyecto piloto en Marruecos que incluye los recursos forestales del Atlas Medio (Regato, 2008) y que puede servir de referencia para su aplicación a comunidades rurales aisladas.

### ***Dos vías y un objetivo común, la mitigación del CO<sub>2</sub> atmosférico***

La revolución industrial del siglo XIX marca el comienzo de un incremento progresivo en la concentración atmosférica de los gases de efecto invernadero –GEI- (dióxido de carbono, óxido nitroso y metano) en paralelo con el calentamiento de la atmósfera con riesgos de un cambio climático global por efecto de acciones antropogénicas (Füssel, 2009).

Los bosques son sumideros netos del CO<sub>2</sub> atmosférico y, junto con la madera y derivados, secuestran durante largo tiempo el carbono fijado en la fotosíntesis. Asimismo, el objetivo de reducción de emisiones ha impulsado el desarrollo y aplicación de un conjunto de fuentes de energía renovables en sustitución parcial de los combustibles fósiles. Los denominados dendrocombustibles comprenden la biomasa leñosa no maderable, los residuos de cortas e industria de la madera y la biomasa lignocelulósica cosechada en plantaciones establecidas con dicho fin.

Ambas vías confluyen en la aportación de soluciones a la mitigación del CO<sub>2</sub> atmosférico y al problema energético. A ello se añade la capacidad de potenciar la gestión sostenible de montes y espacios con vocación forestal (en muchos casos ocupados por cultivos agrícolas hoy abandonados) y la de facilitar un suministro de trabajo continuo en zonas normalmente caracterizadas por su temporalidad, con una significativa repercusión en el desarrollo tecnológico de comunidades rurales geográfica- y socio-económicamente aisladas en sinergia con acciones en otros campos de la ingeniería.

### ***Almacenamiento de carbono y capacidad de captura de CO<sub>2</sub> en los ecosistemas forestales***

La ubicación geográfica de la comunidad aislada objeto de análisis determinará el encuadre de las masas arbóreas existentes en uno de los grandes biomas terrestres y podrá derivarse de ello un rango indicativo de su contenido unitario en carbono, tanto en el arbolado como en el suelo (Tabla 6). Estos datos, unidos al de la superficie de bosque conducirán a una estimación de su contenido total en carbono.

Clase	Producción Primaria Neta (t C ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )	Fuente
Bosque boreal	1,60-2,30	Smith et al, 2008
Bosque boreal de frondosas	0,70-2,70	Barr et al, 2002
Bosques templados de frondosas	0,60-2,40	Barr et al, 2002
Bosque tropical amazónico (vuelo)	3,10	Deducido de datos de Watson et al, 2000
Bosque tropical	12,50 ¿C?	Saugier et al, 2003
Plantaciones de <i>Populus</i>	7,38-13,20	Dowell et al, 2008
Plantaciones de <i>Eucalyptus</i>	5,14	Macías, 2003

Tabla 6. Producción primaria neta de carbono en diferentes clases de bosques y plantaciones. Fuente: tomado de Pardos, 2010, recogido de varios autores.

El inventario forestal nacional, la selección y apeo de árboles tipo y la aplicación de ecuaciones alométricas (Montero *et al*, 2005) hará posible cuantificar con más rigor la biomasa arbórea en pie y de ella deducir el contenido en carbono (50% del peso seco). La puesta en práctica de una serie de mediciones elementales (Tremblay *et al*, 2006) hacen posible la estimación aproximada del carbono almacenado (contenido dinámico) por unidad de superficie de suelo en un ecosistema forestal.

La captura neta anual de carbono por una masa arbórea (ha año<sup>-1</sup>) es la producción primaria neta de carbono (crecimiento anual); y la producción neta del ecosistema se obtiene restando del valor anterior la pérdida de carbono por respiración heterótrofa en el suelo. Los valores medios de ambos parámetros para distintos tipos de bosques y plantaciones (Tabla 7) pueden servir de referencia para estimar el rango de captura de carbono por un bosque o plantación asimilable. Los datos suministrados por FAO (2009) para las distintas zonas geográficas mundiales proporcionan información complementaria. La administración forestal del país podría suministrar datos cartográficos y estadísticos, tablas de producción, condiciones de estación e historia reciente de incendios, plagas, enfermedades que permitan mayor precisión.

Biomás	Superficie (10 <sup>6</sup> km <sup>2</sup> )	Vegetación (Gt C)	Suelo (Gt C)	Total (Gt C)	Densidad (t C ha <sup>-1</sup> ) (suelo + vegetación)
Bosques templados (EEUU, Europa, China, Australia)	10,38	59,00	100,00	159,00	153,00
Bosques boreales (Rusia, Canadá, Alaska)	13,72	88,00	471,00	559,00	407,00
Bosques tropicales (Asia sin China, África, Sudamérica)	17,55	212,00	216,00	428,00	275,00
Sabanas tropicales	22,50	66,00	264,00	330,00	146,00
Pastizales templados	12,50	9,00	295,00	304,00	243,00
*Total (**media)	*76,65	*434,00	*1346,00	*1780,00	**245,00

Tabla 7. Superficie y contenido en carbono en suelo y vegetación en diferentes biomas. Fuente: tomado de Pardos, 2010, basado en datos de WBGU, 1998.

### **Potencial económico de los bosques en la mitigación del CO<sub>2</sub>**

El Banco Mundial ha estimado en 1,50 x 10<sup>9</sup> dólares el valor del carbono anualmente secuestrado en África, y la estimación mundial para ONU-REDD (Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación) asciende a (30-110) x 10<sup>9</sup> dólares. El programa ONU-REDD permite a las empresas contaminantes un pago a los propietarios

de bosques por mantener el arbolado como almacén de carbono. El Programa Ambiental de Naciones Unidas (UNEP) trabaja con científicos de diversos países en la cuantificación del secuestro de carbono en los ecosistemas forestales. En el trabajo *Perspectivas sobre REDD+* (Programa ONU-REDD, 2010) se exploran algunos interrogantes planteados ante la complejidad del diseño e implementación de REDD+ referidos a los países de África y América Latina, interrogantes a tener en cuenta.

En virtud del protocolo de Kioto se crearon tres mecanismos para mitigar el cambio climático: mecanismo para un desarrollo limpio, MDL (incluye forestación, pero ha sido poco relevante para los bosques), la ejecución conjunta (proyectos de captura de carbono) y el comercio de emisiones, que permite la compra-venta de las reducciones certificadas. Los mercados de carbono están formados por el mercado obligatorio (normas de Kioto) y el mercado voluntario que incluye la Bolsa del Clima de Chicago y el mercado extrabursátil. Los “créditos de carbono” constituyen el instrumento económico (1 t CO<sub>2</sub> equivalente = 1 crédito). Una gran parte de los créditos del carbono proceden de actividades forestales (proyectos de forestación y reforestación) gestionados por empresas especializadas. En 2006 y 2007 se situaron entre los de precio más elevado, entre 6,8 a 8,2 dólares USD por crédito de carbono (FAO, 2009).

El contenido (carbono ya capturado) y la tasa de captura prevista (capacidad anual) por una masa forestal ya existente (vuelo y suelo), a cuya cuantificación se ha hecho referencia en líneas anteriores, serían la base para su valoración en términos económicos aplicando el cómputo de créditos compensables. Una posible opción podría ser incluir el bosque en cuestión en los denominados “forest- set asides”, cuyas características ecológicas exigen especial protección y una gestión que no contempla los aprovechamientos de madera, en la que la rentabilidad económica deriva solo de los beneficios medioambientales que reporta su conservación, con inclusión específica del secuestro de carbono expresado en CO<sub>2</sub> equivalente (Sun y Sohngen, 2009).

En el caso de que el bosque fuera objeto de aprovechamiento maderero y se quiera incorporar la reserva de carbono como valor añadido en su rentabilidad, habría que sustraer el carbono de la madera extraída y contabilizarlo en el CO<sub>2</sub> equivalente asignado a los productos, así como tener en cuenta las emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas de las operaciones de corta y extracción de la madera, y la repercusión de posibles prácticas selvícolas en la masa arbórea (Waterworth y Richards, 2008). Asimismo, en países en desarrollo, las propuestas de rehabilitación de terrenos deforestados de montaña con plantaciones maderables en el marco de un sistema agroforestal gestionado por pequeños agricultores (Bertomeu, 2005) podría tener como beneficio complementario el secuestro de carbono.

Los bancos de carbono, en los cuales los propietarios de masas arboladas depositaran el carbono capturado a semejanza de los depósitos bancarios, a cambio de un pago anual, y que aquellos que requirieran préstamos de carbono pudieran adquirirlos, es una idea a tener en cuenta (Bigsby, 2009).

### ***Aprovechamiento de chirpiales en monte bajo, residuos en las cortas y la industria con fines energéticos***

La biomasa vegetal, particularmente la leña y residuos del aprovechamiento de la madera (serrín, astillas) acompaña al hombre desde el Neolítico como fuente calorífica

y es la primera (y durante siglos principal) fuente energética humana y todavía reviste cierta importancia en el ámbito rural de algunos países.

En la cuenca mediterránea, y de forma singular en España, los montes de algunas especies del género *Quercus* (encina, quejigo, rebollo, coscoja) han sido “tratados en monte bajo” con turnos de corta de 12 a 15 años y los rebrotes seleccionados (chirpiales) utilizados para leña con fines caloríficos de uso en la práctica constreñido al ámbito rural (hornos, estufas); información que puede servir de punto de referencia para zonas geográficas boscosas con clima y vegetación semejantes.

La fabricación de materiales de combustión (pellets y briquetas) por prensado y moldeado de la biomasa leñosa en plantas de paletizado hace a la biomasa leñosa más manejable en términos de transporte y aplicación como fuente de energía calorífica para su uso directo en calderas de uso industrial y doméstico (Díez, 2010). Estos factores han contribuido a conferir nuevo valor a las masas forestales no maderables (en España el aprovechamiento anual de leñas se estima en 3.600.000 estéreos (ASEMFO, 2010) y abrir cauces de fomento de empleo rural. A los beneficios dinerarios directos que su manejo aporta a la propiedad (municipal o comunal) se suma la mayor presencia de operarios en el monte de la que se deriva una vigilancia ante incendios forestales en montes de obligada (pero problemática) conservación. Estos hechos sirven de ejemplo para la puesta en marcha de este tipo de acciones en comunidades aisladas con masas forestales de naturaleza y condición semejantes.

La leña de las especies específicamente citadas (particularmente la encina) ha sido la materia prima para la obtención del carbón vegetal, actualmente utilizado en la industria siderúrgica. La sencillez de su preparación y posterior manejo en el propio monte (Segura, 2005) puede hacerles jugar un cierto papel como fuente energética en comunidades rurales aisladas que posean masas de especies con biomasa leñosa de alto poder calorífico.

El ramaje procedente de las cortas de árboles maderables y los residuos (serrín, birutas, astillas) generados en la industria de primera transformación de la madera (serrerías), especialmente de coníferas y algunas frondosas, suponen asimismo un considerable volumen de biomasa con potencial fin energético en extensas zonas geográficas de bosques templados y tropicales.

La sencillez de las tecnologías implicadas en los usos de material forestal como fuente calorífica a nivel rural hace relativamente asequible su puesta en marcha en núcleos comunitarios aislados. A la rentabilidad derivada del producto obtenido se uniría la creación de empleo y su continuidad estacional, así como a la puesta en valor de masas forestales necesitadas de una gestión sostenible para su conservación. A título de referencia cabe reseñar que en España supondría 10.000 puestos en los trabajos de recogida, tratamiento y distribución de combustible por el aprovechamiento anual de 10 Mt de biomasa susceptibles de llevarse a cabo en los montes (ASEMFO, 2010).

### ***Plantaciones forestales: Posibilidades y limitaciones***

Los cultivos de especies arbóreas para la producción de biomasa lignocelulósica destinada a la fabricación de astillas, briquetas o pellets como fuente de energía renovable de uso directo, o para la obtención de biocombustibles (bioetanol,

biogasóleos, biogasolinas sintéticas) son actualmente objeto de especial atención en el ámbito de las energías renovables. La “Biorrefinería del árbol” implica el fraccionamiento integral de la madera desde la obtención de pasta de celulosa hasta otros productos químicos (principalmente bioetanol como combustible), llevando también a cabo el aprovechamiento de las distintas fracciones poliméricas, como son lignina, hemicelulosas, celulosas y otros compuestos valorizables (Clark, 2007). La implicación de una comunidad aislada en el último proceso industrial mencionado (incluso en el segundo) no pasaría del establecimiento y manejo de las plantaciones y suministro de la biomasa en un primer estadio de transformación.

La variedad de especies hacen posible una cierta elección a la carta (con las limitaciones ecológicas del lugar) en el marco de la “short rotation forestry” o “selvicultura de especies de turno corto”. Sus dos características más definitorias para la producción de biomasa y obtención de dendrocombustibles son una densidad de plantación alta (plantaciones hasta de 30.000 o más pies por hectárea) y un turno de corta muy reducido (de 2 a 10 años). Al tratarse, en muchos casos, de especies que brotan de cepa (preferibles) el aprovechamiento de biomasa se prolongaría durante tres generaciones sucesivas sin disminución práctica del rendimiento.

En todos los casos y para todas las especies se requiere tener información sobre los factores ambientales (régimen térmico y agua disponible) y las técnicas de cultivo (Carrasco, 2009) con atención especial a la competencia entre pies y la funcionalidad del sistema radicular dada la elevada densidad de las plantaciones.

Las condiciones geográficas (clima, suelo y topografía) pueden imponer restricciones al establecimiento y manejo de las plantaciones. El régimen pluviométrico acotará las especies susceptibles de plantación. En secano, la adición complementaria de agua de riego tras la plantación y durante el periodo estival en los dos primeros años será esencial en la reducción de marras y consecución de buen crecimiento. Con tal objetivo la obtención de agua subterránea por perforación del suelo será la mejor opción, sin descartar el aporte de agua proveniente de cauces fluviales, embalses o lagunas naturales en proximidad y acceso viable.

El agua físicamente disponible debe cumplir unas condiciones de salubridad y no superar los límites estándar de contenido en sales en cultivos vegetales. Con carácter general, no debe llegarse a una concentración en sales monovalentes de 40 -70 mM equivalente a una conductividad eléctrica  $CE= 4 \text{ dS. m}^{-1}$  (Ahmad y Malik, 2002).

### ***Miscelánea de especies y formas de cultivo***

A continuación, se enumeran algunas especies arbóreas que ofrecen especial interés en razón de su crecimiento y/ o facilidad de cultivo, susceptibles de implantación en zonas rurales aisladas con fines bioenergéticos. La adquisición del material vegetal (semillas o estaquillas) para las plantaciones podrían gestionarse a través de Centro de Semillas de FAO (Roma), Centro de Semillas Forestales de DANIDA, DSFC (Dinamarca); en España en el Centro de Material de Reproducción Forestal “El Serranillo” dependiente del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

Algunos eucaliptos (*E. maidenii*, *E. camaldulensis*, *E. gunii*, *E. globulus* entre otros) de uso comercial principal para pasta de celulosa, se están incorporando en los cultivos

energéticos con densidades de plantación mayores (2500- 3500 pies ha<sup>-1</sup>) y turnos más cortos (2 - 3 años) con producciones medias de 15 t ha<sup>-1</sup> de materia seca.

Cultivos energéticos experimentales de *Pawlonia tormentosa* y *Pawlonia elongata* e híbridos interespecíficos del género *Pawlonia* (*P. elongata* x *fortunei*) presentan grandes expectativas de crecimiento en terrenos agrícolas marginales y para la regeneración de suelos degradados. En ensayos preliminares con plantaciones de 1600 pies ha<sup>-1</sup> (3 m x 3 m), un riego (2000 l pie<sup>-1</sup>) y abonado (0,40 kg pie<sup>-1</sup>) se han superado (a 17 meses de edad) 6 t ha<sup>-1</sup> de peso seco (Martinez *et al*, 2010), con perspectivas de superarse 30 t ha<sup>-1</sup> en la corta a los 2 a 3 años.

Las plantaciones de clones de híbridos (en su mayoría *Populus deltoides* x *P. nigra*) tradicionalmente destinadas a madera de desenrollo se han extendido (en lugares en que la capa freática permite una plantación a raíz profunda o riego adicional) a la producción de biomasa con fines energéticos, con turnos de corta de 1 a 5 años, densidades de plantación, desde 5.000 pies ha<sup>-1</sup> (2 m x 1 m) hasta 300.000 pies ha<sup>-1</sup> (1 m x 0.33 m) con producciones de 6 a 30 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (Sixto *et al*, 2007).

En países del norte y centro de Europa, y en Estados Unidos, en zonas sin restricciones de agua y capacidad de soportar temperaturas bajas, se han establecido cultivos energéticos de *Populus sp* y *Salix sp* (Labrecke y Teodorescu, 2005, entre muchos otros), en turnos de corta que varían de 3 a 6 años, alcanzándose en algunos clones de *Populus* producciones de 15 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>.

En clima mediterráneo, con incorporación de riego, revisten interés algunas especies del género *Leucaena* (*L. leucocephala* y *L. diversifolia*), con rendimientos de 50 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> de materia seca en rebrotes de un año (Sanchez *et al*, 2003). *Eucalyptus camaldulensis* procedencia Albacutia (Marcar *et al*, 2002) y otras especies leñosas, moderadamente tolerantes al agua salina (*Eucalyptus tereticornis*, *Populus euphratica*, *Acacia yilotica*, *Prosopis juliflora*) podrían utilizarse (ensayarse) en zonas de África y Asia con vegetación natural limitada a especies halófitas Lambert y Turner, 2002) para la rehabilitación de suelos áridos usando el agua salina disponible. Con ello se aseguraría su conservación y la obtención de un beneficio (modesto) añadido en la producción de biomasa con fines energéticos.

### **Conclusiones**

La conservación de la diversidad genética de las poblaciones arbóreas, con prácticas selvícolas que mantengan una estructura irregular en la masa forestal y la selección de rodales semilleros para la obtención de material reproductivo son acciones básicas para cubrir una primera etapa en la conservación de recursos genéticos forestales en comunidades asiladas. La mejora obtenida puede revertir en una rentabilidad sostenible del posible aprovechamiento de la masa forestal (madera, corcho, otros productos).

La captación y secuestro de carbono por la masa forestal puede proporcionar un valor económico añadido al aprovechamiento de madera (o leña) a través del mercado de créditos de carbono, vinculando para ello a la Administración del país y con la ayuda de organismos implicados en la conservación de la naturaleza y de los bosques en particular (UICN, WWF, GREENPEACE, FAO, CIFOR).

El aprovechamiento de masas forestales no maderables y residuos de cortas con fines energéticos puede contribuir a su puesta en valor, mitigar el abandono del medio rural proporcionando empleo estable y contribuir a la protección de los espacios naturales. Asimismo, las plantaciones de especies forestales con material seleccionado, con densidades elevadas y aprovechadas a turno corto, pueden entrar en la categoría de cultivos energéticos y su biomasa usarse para fines de calefacción doméstica o en pequeñas industrias en la propia comunidad.

Las referencias a acciones emprendidas en España y las citas bibliográficas internacionales incorporadas pueden servir de guía para preparar un proyecto (o proyectos) que discurren por alguna (o las tres conjuntamente) de las vías descritas. La renta dineraria obtenida y la creación de empleo (con cierta estabilidad dada el acoplamiento en el tiempo de las actividades implicadas en los tres objetivos) se complementarían con la adquisición de unos conocimientos con futura proyección económica y sociocultural a nivel comunitario.

## **7.6. Estudio de caso: Reforestación de terrenos degradados en las tierras altas de Etiopía**

### ***Contexto y análisis de la situación***

La Ingeniería de montes fundamenta su historia y actuaciones en el desarrollo rural. Su actividad persigue la creación u ordenación de las producciones forestales, así como la utilización de las infraestructuras que hacen posible un aprovechamiento sostenible. La mayor parte de los estudios de valoración de los bosques se han llevado a cabo en los países del llamado primer mundo, donde cobran cada vez más importancia los valores indirectos y de no uso, ligados a los servicios ambientales de las masas forestales. Con frecuencia se obvia la necesidad de actividades que fijen mínimos de población rural y satisfagan las necesidades de productos básicos. Por el contrario, los estudios realizados en países en desarrollo, como es el caso de Etiopía, tienden a resaltar los valores de uso directos, especialmente para las economías rurales (FAO, 2007). Este aspecto adquiere gran importancia en el marco de la cooperación al desarrollo y su integración resulta fundamental para que los proyectos así caracterizados tengan éxito.

Etiopía se encuentra entre los países con menor Índice de Desarrollo Humano del mundo, ocupando según el *Human Development Report 2010* de Naciones Unidas la posición 157 de los 169 países estudiados (UNDP, 2010). El elevado crecimiento demográfico, la pobreza generalizada y una población eminentemente rural<sup>1</sup> con una gran dependencia de los recursos naturales para la satisfacción de sus necesidades básicas, han llevado a una acelerada sobreexplotación de estos recursos y a su consecuente degradación.

Durante el siglo pasado, tuvo lugar una drástica reducción de la superficie arbolada y un importante deterioro de los recursos forestales. Se estima, sin que se precise el momento, que los bosques naturales maduros, con individuos de gran altura y crecimiento de fuste considerable, llegaron a cubrir el 38% de la superficie terrestre del país (EARO, 2000), representando el 16% de la misma a principios de los 50, el 3,6%, a comienzos de los 80 y tan sólo el 2,7% en 1989 (MoNREP, 1994). Las estimaciones

---

<sup>1</sup> La población rural supone actualmente un 84% de la población del país (CSA, 2008).

realizadas por la FAO son, no obstante, algo más “optimistas”, adjudicándole un 4,2% de la superficie terrestre del país en 2000 y cuantificando la pérdida de estos bosques en 141.000 hectáreas anuales desde entonces (FAO, 2006). Independientemente de cuál sea la cifra que más se ajuste a la realidad, la superficie forestal del país, tanto de bosques como de otras tierras arboladas, se encuentra en claro retroceso (Bekele, 2003; Achalu, 2004), mientras que la población que demanda productos forestales y tierras de cultivo y pasto aumenta un 2,6% cada año (MoFED, 2007).

Considerando la superficie actual de bosque, ésta ofrecería un volumen de madera de 3,9 m<sup>3</sup> por habitante en Etiopía, cantidad muy reducida si se compara con los 20,3 m<sup>3</sup> por habitante con que contamos en España (FAO, 2006), dato que alcanza mayor relevancia si se tiene en cuenta que la principal utilización de la madera en Etiopía se realiza a nivel doméstico, como combustible para cocinar (EARO, 2000).

Debido a la intensa deforestación, en las áreas rurales etíopes la escasez de leña ha llevado a su sustitución por estiércol y residuos agrícolas, de forma que éstos no son destinados a la producción de abonos para restaurar la fertilidad de las tierras. Esta práctica, sumada a otras, como la quema de las raíces de los cultivos tras la cosecha<sup>2</sup> o su establecimiento en zonas de elevada pendiente, de clara vocación forestal, redundan en una rápida pérdida de nutrientes y una productividad muy baja, y desemboca finalmente en el abandono de unos terrenos degradados y erosionados (EARO, 2000; Taddese *et al.*, 2003). Estas actuaciones incrementan la presión sobre el escaso porcentaje de tierras cubiertas por bosques.

En lo que se refiere a las Tierras Altas, donde las pendientes son superiores al 30% en un 60% de su superficie, se encuentra el 95% de los terrenos cultivados en el país (Wirtu, 2002) y las precipitaciones caen de forma torrencial, la desaparición de la cubierta forestal, entre otros muchos efectos, expone al suelo a procesos erosivos en muchos casos irreversibles a corto o medio plazo. Se ha comprobado que la erosión del suelo provoca una pérdida media de entre 1,9 y 3,5 billones de toneladas por hectárea y año y su profundidad se reduce una media de 4 mm al año (Tizale, 2007).

En este contexto, el establecimiento de plantaciones de especies de crecimiento rápido se manifiesta como la única opción factible para satisfacer la demanda de productos forestales, reducir la presión sobre las masas forestales naturales y recuperar las crecientes áreas degradadas (Parrotta, 1992; Tiarks *et al.*, 1998). Satisfacer la demanda de biomasa leñosa del país exigiría que el 6% de la superficie utilizable se transformara en plantaciones para el 2014, lo que requeriría un cambio en el uso principal del suelo (Böjo y Cassels, 1995). Sin embargo, aunque la escasez de tierra podría suponer una restricción para la plantación a esta escala, la superficie agrícola abandonada y degradada es muy extensa (Jagger y Pender, 2000).

Los estudios llevados a cabo en las Tierras Altas con especies tanto autóctonas como exóticas muestran que, bajo la mayoría de condiciones ensayadas, el eucalipto es el género que presenta mayor capacidad para la conversión en biomasa de la energía y el agua disponibles de forma eficiente (Örlander, 1986; Stiles *et al.*, 1991), con una productividad anual de entre 10 y 30 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> en calidades de estación bajas, donde suele

---

<sup>2</sup> Se trata de una técnica de fertilización similar a las llevadas a cabo en la Península Ibérica a mediados del siglo XIX, como la quema de los hormigueros catalanes y aragoneses (Olarieta *et al.*, en prensa), aunque en Etiopía la biomasa utilizada se reduce a las raíces de los cultivos agrícolas.

encontrarse (Pohjonen y Pukkala, 1990). Además, su escasa palatabilidad para el ganado la convierte en la única especie forestal compatible con la enorme cabaña ganadera existente en el país y el sistema de pastoreo practicado.

### *El eucalipto en Etiopía*

El eucalipto fue introducido en Etiopía en 1895 para satisfacer la demanda de combustible de la población residente en Addis Abeba (Von Breitenbach, 1961; Bristow, 1995), cuyos bosques aledaños habían sido esquilados para tal fin. El entonces emperador Melenik II accedió a la propuesta realizada por Mondon-Villaillet - un ingeniero ferroviario francés- y O'Brien -un capitán del ejército británico- de establecer una parcela de experimentación con eucalipto, para lo que se importó de Australia semilla de 15 especies (Von Breitenbach, 1961). El éxito del *bahar zaf*, como se conoce localmente al eucalipto (árbol venido de ultramar), fue inmediato, especialmente en el caso de *E. globulus* y *E. camaldulensis*, desde entonces las especies más plantadas en las Tierras Altas y las Tierras Bajas del país, respectivamente (Friis, 1995; Teketay, 2000).

La tasa de reforestación con eucalipto fue aumentando hasta 1974 (Persson, 1975) mediante el establecimiento de extensas plantaciones en los latifundios situados alrededor de Addis Abeba y de las principales ciudades de las Tierras Altas (Persson, 1975). La reforma agraria llevada a cabo en 1975 por el régimen socialista que, entre otros aspectos, abolió la propiedad privada de la tierra, y la introducción en la agenda política de la reforestación como herramienta de conservación y desarrollo rural (Poschen-Eiche, 1987) favorecieron el establecimiento de plantaciones en zonas rurales, tanto en terrenos estatales como comunales, dificultando a su vez la plantación de árboles a nivel individual (Bruce *et al.*, 1994). Sin embargo, no fue hasta mediados de los años 80 cuando comenzó la plantación a mayor escala en el país, en parte gracias a proyectos de reforestación financiados por organismos internacionales (Stiles *et al.*, 1991). Desde la caída del régimen socialista en 1991, la tasa de reforestación con eucalipto ha ido en constante aumento debido fundamentalmente al establecimiento de plantaciones en zonas rurales por parte de pequeños propietarios (Hoben, 1995; Abebe, 2005). Las especies más utilizadas son las ya mencionadas, aunque *E. saligna* y *E. grandis* cobran cada vez más importancia (Kidanu, 2004).

Actualmente, las plantaciones de eucalipto ocupan una superficie de apenas 148.000 hectáreas (FAO, 2000) y representan casi el 60% de las plantaciones forestales establecidas en el país (Gebrekidan, 2003).

Algunos motivos que han llevado a la expansión del género en Etiopía pueden asemejarse a aquellos que han permitido su popularización entre los propietarios forestales gallegos que llevan décadas beneficiándose de las rentas que les produce su corta cada 9-14 años. A la elevada productividad que se obtiene, aún sin la aplicación de los tratamientos selvícolas que la maximizarían (Díaz-Balteiro *et al.*, 2009), se une su capacidad de rebrote, obteniendo un incremento en la producción en el segundo turno respecto del primero (Fernández, 1982), siendo frecuentes las plantaciones que se encuentran en la quinta rotación de chirpiales e incluso superiores a ésta (Ruiz *et al.*, 2008). En definitiva, existen en la Galicia exenta de heladas, cerca de 174.000 ha de *E. globulus* (MARM, 2008), la mayor parte en manos de propietarios particulares, y que se mantiene en contra de la opinión de la sociedad urbana en el ambiente donde la especie muestra su mayor productividad, sin el carácter esquilador que con frecuencia se le

achaca. Cabe destacar, además, su facilidad de gestión, propiedades tecnológicas, plasticidad ecológica y capacidad de adaptación, puestas de manifiesto desde antiguo (Turnbull y Pryor, 1978; FAO, 1979). Además de estas características inherentes al género y de suma importancia en el contexto etíope y de otras mencionadas con anterioridad, ha de añadirse el papel que desempeña en el desarrollo de las comunidades rurales del país, hoy en día, insustituible.

Así, el eucalipto puede constituir un instrumento fundamental para la reducción de la pobreza en las zonas rurales de Etiopía mediante la satisfacción de la demanda de productos forestales, la generación de ingresos económicos, el incremento de la seguridad alimentaria y la diversificación de los sistemas agrarios de los pequeños propietarios rurales (p. ej. Jagger *et al.*, 2005; Lemenih y Ewnetu, en prensa).

La venta de sus productos representa una contribución de en torno al 25% de los ingresos familiares anuales, suponiendo hasta un 72% en algunas zonas (Mekonnen *et al.*, 2007). Este aspecto adquiere una importancia vital en un modo de vida y una economía basados en la agricultura de subsistencia y en un país que frecuentemente se ve azotado por períodos de sequía.

En muchas zonas se están convirtiendo terrenos de cultivo en plantaciones de eucalipto, ya que reportan mayores beneficios que los cultivos agrícolas, en ocasiones a causa de la reducida fertilidad de las tierras (p. ej. Jagger y Pender, 2000; Achalu, 2004).

El eucalipto cubre la mayor parte de las necesidades de leña y madera de construcción de los núcleos familiares (Zerfu, 2002; Teshome, 2009), constituyendo en ocasiones más del 90% de la fuente de madera (Mekonnen *et al.*, 2007).

Por otra parte, puede desempeñar un importante papel en la conservación de las masas forestales autóctonas, tanto indirectamente, mitigando la creciente presión sobre las mismas mediante el suministro de productos forestales maderables (Evans, 1992; Tiarks *et al.*, 1998), como directamente, facilitando su regeneración. Numerosos estudios realizados en el país concluyen que las plantaciones de eucalipto poseen un elevado potencial para catalizar la regeneración natural de especies arbóreas nativas, incrementando en consecuencia la diversidad (p. ej. Mihretu, 1992; Lemenih y Teketay, 2005). Este aspecto, unido a la disminución de la erosión a que se encuentran sometidos los terrenos degradados que tendría lugar caso de establecerse en ellos, lo convierte en una herramienta de gestión para la restauración de los mismos (p. ej. Tiarks *et al.*, 1998; Lemenih, 2006).

En general, el establecimiento de plantaciones de especies exóticas ha sido en todo momento un aspecto controvertido. Sin embargo, el eucalipto ha sido el género que más críticas ha recibido (Evans, 1992), llegándose a prohibir su plantación en algunos países (Poore y Fries, 1985). Análogamente, algunos estados regionales etíopes, como Tigray, han prohibido la plantación de eucaliptos en terrenos particulares (TNRG, 1997). El agotamiento de los nutrientes del suelo, la reducción del nivel freático y la existencia de efectos alelopáticos son los argumentos comúnmente citados en contra de su plantación, siendo una minoría de carácter científico o técnico. Esta controversia ha llevado a la realización de numerosos trabajos de investigación sobre los efectos ecológicos del género, más que sobre los de ninguna otra especie forestal, y, de acuerdo con los datos científicos existentes, no se puede afirmar que las acusaciones vertidas sobre los efectos del eucalipto sean ciertas (Ruiz *et al.*, 2008).

Respecto a la silvicultura practicada en las plantaciones de eucalipto en Etiopía, a excepción de la corta, no se lleva a cabo ningún tratamiento selvícola. El turno frecuentemente utilizado es de tan sólo 3-5 años, en función de las necesidades de los propietarios caso de destinarse al autoconsumo y también del precio de mercado, si se destina a la venta. La herramienta empleada para el apeo de los pies es el hacha, existiendo la creencia generalizada entre campesinos y trabajadores forestales de que su utilización es preferible a la de la sierra, y de que cuanto más irregular sea la superficie del tocón, cuanto más astillado quede, mayor será el vigor del posterior rebrote. La altura del corte suele ser de 30-50 cm, por lo que el fuste aprovechable va disminuyendo de rotación en rotación. Las plantaciones de *E. globulus* muestran un lento crecimiento inicial en comparación con aquellas establecidas en otros países, lo que puede deberse a la falta de tratamientos culturales, así como a la escasez de nutrientes que presentan los suelos sobre los que se asientan, los cuales han sido cultivados durante largos períodos (Pohjonen y Pukkala, 1990) y posteriormente pastoreados por el ganado. Dado el temperamento intolerante del eucalipto, muy acusado en los primeros meses de vida, otra razón puede ser la elevada densidad que presentan las plantaciones, independiente de la calidad de estación y de los productos a obtener.

Por otra parte, no se conoce la base genética de las razas locales, que podrían presentar un elevado grado de retrocruzamiento (MoNREP, 1994; Davidson, 1995). Los ensayos de procedencia sobre los que se tiene constancia se reducen a aquellos de *E. grandis*, *E. saligna* y *E. globulus* establecidos a principios de los 90 con el apoyo de organizaciones internacionales y estudiados por Hunde *et al.* (2003a, 2003b, 2007), no habiéndose utilizado a día de hoy las procedencias más aptas para el establecimiento de plantaciones.

Resulta, por tanto, de suma importancia realizar un esfuerzo en investigación estableciendo como objetivos prioritarios el aumento en la productividad de las plantaciones y la dotación de valor añadido a sus productos mediante la incorporación de técnicas de mejora genética y selvícola, así como la difusión de estas prácticas de gestión sostenible de modo que lleguen a los usuarios finales para que puedan obtener los mayores beneficios potenciales que este uso forestal del territorio puede proveer.

### ***Estudio de caso***

La idea y el planteamiento de un proyecto de cooperación con Etiopía<sup>3</sup> surgieron y fueron desarrollados conjuntamente por *Forestry Research Center* (FRC)<sup>4</sup> y el Grupo de Investigación de Genética y Fisiología Forestal de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes (Universidad Politécnica de Madrid). La elección de la zona de actuación fue llevada a cabo por FRC por ser considerada prioritaria para el establecimiento y consecución de objetivos de cooperación para el desarrollo por los

---

<sup>3</sup> Por razones prácticas, se denominará “proyecto” a todas las actuaciones llevadas a cabo hasta la fecha en el país, enmarcadas a su vez en otros proyectos, financiados en su mayor parte por la Universidad Politécnica de Madrid desde el año 2006. Este “proyecto” aglutinador se ha denominado “Eucalipto Solidario”.

<sup>4</sup> *Forestry Research Center* (FRC) es el organismo responsable en Etiopía de la dirección, supervisión y administración del proyecto. El centro fue creado en 1975 y está situado en Addis Abeba. En 1997 se creó *Ethiopian Agricultural Research Organization* (EARO), hoy *Ethiopian Institute of Agricultural Research* (EIAR) (<http://www.eiar.gov.et>) para coordinar todas las actividades de investigación relacionadas con los recursos naturales. EIAR pertenece al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y de él depende FRC.

departamentos forestales del país. Además, la existencia en la zona, a unos 180 Km al noreste de la capital, de un vivero abandonado que había establecido una ONG para producir planta de eucalipto simplificaría considerablemente las actividades iniciales. Así, en septiembre de 2005, personal del FRC comenzó a trabajar con la población local según la metodología participativa descrita por Chambers (1992). Dicha metodología y el Enfoque del Marco Lógico se han venido utilizando hasta la actualidad.

La zona de actuación corresponde a los enclaves de mayor altitud y pendiente del *kebele*<sup>5</sup> Wayu ena Anget Mewgia. El *kebele* abarca una superficie de 7.245 hectáreas y presenta un rango altitudinal de 1.880 a 2.880 m. El principal uso del suelo es agrícola, encontrándose en 2006 abandonado el 57,4% de la superficie destinada al mismo. La superficie de uso forestal abarcaba en dicho año el 9,2% de la superficie total, correspondiendo más del 50% a matorrales. El eucalipto es prácticamente la única especie plantada por los campesinos, cubriendo unas 24 hectáreas. Según el censo realizado en 2007, hay 6.010 habitantes en el *kebele*. El 2,7% de la población es menor de 1 año, el 12,0%, tiene entre 1 y 5 años y el número de mujeres en edad de procrear es de 1.015. No se conoce el grado de alfabetización, pero se ha comprobado que muchos campesinos, especialmente mujeres, no saben leer ni escribir. La desigualdad de género es significativa: la tasa de escolarización de niñas es muy escasa, las mujeres que encabezan los hogares se encuentran excluidas social y económicamente y en aquellos en que se encuentran los dos cónyuges, ella es la principal responsable de un sinnúmero de tareas.

Cabe destacar la información obtenida mediante la realización de 22 cuestionarios a la población susceptible de tener un vínculo con el proyecto. Estos cuestionarios constaban de 72 preguntas sobre características del núcleo familiar, agricultura, ganadería y pascicultura, selvicultura, degradación ambiental y percepción de la misma por parte de los encuestados. Dicha información permitió un conocimiento más preciso de los problemas a los que se enfrenta la población, así como la identificación de los obstáculos que podían surgir durante la implementación del proyecto y de las potencialidades en las que debía apoyarse. Se observó, por ejemplo, que en aspectos referentes a la tenencia de tierras y, especialmente, a los beneficios que reporta su utilización, las respuestas ofrecidas por la mayor parte de los encuestados mostraban numerosas incongruencias, probablemente debido a que temían que se les vinculara con los datos presentados. Las especies más utilizadas por los encuestados fueron *Eucalyptus globulus* (100%), *Juniperus procera* (68%), *Hagenia abyssinica* (32%) y *Olea africana* (27%). Estas tres últimas son especies autóctonas en peligro de extinción y la mayor parte de los pies son talados de forma ilegal. *Eucalyptus globulus* se empleaba como combustible, para la construcción de casas y muebles, como cortavientos, fertilizante, medicamento y para la fabricación de utensilios agrícolas, siendo la única especie que plantaban. Los principales impedimentos detectados para su plantación fueron la escasez de tierras (47%) y la falta de plántulas (19%).

### ***Objetivo general***

Mediante la ejecución del proyecto se pretende lograr la sostenibilidad en el uso de los recursos forestales maderables y no maderables, así como en el suministro de los mismos, mediante la creación de conciencia ambiental y medios y conocimientos de

---

<sup>5</sup> *Kebele* es una división administrativa equivalente a la subcomarca española.

gestión forestal. Esto redundará en el aumento de la calidad de vida de la población, la disminución a corto-medio plazo de las dependencias externas para su desarrollo y su eliminación a largo plazo.

### ***Principales actividades y resultados hasta la fecha***

*Reforestación de tierras degradadas.* La actividad reforestadora se ha llevado a cabo mediante planta producida en el Vivero Forestal Wayu. Tras la finalización de las obras de acondicionamiento del antiguo vivero, comenzaron las actividades de propagación de planta, en enero de 2007. Desde entonces, se ha mantenido una producción media de 120.000 plántulas anuales de diferentes especies, tanto autóctonas como alóctonas, fundamentalmente *E. globulus*, el cual ha supuesto una media del 87% del total de planta en los tres años de funcionamiento del vivero. Este porcentaje tan elevado responde tanto a la preferencia de la población por el eucalipto como a la falta de disponibilidad de semilla de otras especies.

La apertura del vivero ha permitido cada año la creación de seis puestos de trabajo permanentes y 30 temporales en las épocas de mayor actividad. Se ha promovido la contratación de mujeres para el desempeño de gran parte de las labores con el fin de fomentar la equitatividad en la división sexual del trabajo y en el reparto de beneficios, así como su participación activa en la toma de decisiones.

La planta producida se ha empleado en la reforestación de 65 hectáreas de terrenos degradados propiedad de los campesinos de los *kebeles* Wayu ena Anget Mewgia y Gudo Beret. En primer lugar, se fijaron como condiciones el consentimiento de poder realizar las mediciones que se consideraran oportunas hasta el momento de la corta, un turno mínimo de cinco años en la primera rotación y el establecimiento de una densidad máxima de 4.450 pies/ha con un marco de plantación regular. Estas últimas decisiones se basaron en los resultados obtenidos a partir de mediciones realizadas en plantaciones establecidas con anterioridad, en las que el turno era de 4-5 años y la densidad media de 12.600 pies/ha, con espaciamentos muy irregulares<sup>6</sup>. La elevada demanda por parte de los campesinos hizo necesaria una selección de los mismos, para lo que se contó con el apoyo de personal de la Oficina de Agricultura de la *Woreda*<sup>7</sup>.

El emplazamiento de las plantaciones en terrenos degradados, de anterior uso agrícola y, en la mayoría de los casos, con síntomas evidentes de erosión, supone la consecución de los objetivos complementarios de producción y protección. Como primer resultado, 112 familias de campesinos contarán con un suministro permanente de productos derivados del eucalipto para autoabastecerse y como fuente de ingresos. El resto de la población local se verá indirectamente beneficiada. El establecimiento de marcos de plantación más amplios conjugado con el mayor crecimiento de las plántulas que, a posteriori, es observado por los campesinos, les está mostrando la importancia de una gestión adecuada para la obtención de mayores beneficios. Las mediciones llevadas a cabo muestran que, para igualdad de calidad de estación, los eucaliptos de las plantaciones

---

<sup>6</sup> El turno de máxima renta en especie para brinzales es de 18-19 años (Pohjonen y Pukkala, 1990). Por otra parte, los procesos de competencia inducidos por una excesiva reducción del espaciamento entre los pies ralentiza el crecimiento de la masa de forma temprana y perjudica la producción volumétrica final (Ruiz *et al.*, 2008).

<sup>7</sup> División administrativa de rango superior al *kebele*, equivalente a la comarca española. Se trata de la *woreda* Baso ena Werana, en la que se encuentran los dos *kebeles* mencionados.

establecidas en el marco del proyecto presentan con tres años de edad un desarrollo similar al de los pertenecientes a aquellas establecidas con anterioridad con cinco años.

### ***Evaluación de material genético mejorado***

El problema que supone la escasez de tierras para la plantación de especies arbóreas motivó el empleo de la mejora genética como herramienta para obtener productividades más elevadas en una misma superficie de plantación.

Se han establecido varios ensayos experimentales con material genético mejorado de *E. globulus* (clones propagados vía estaquilla y semillas), cedido por la empresa forestal ENCE, para evaluar su comportamiento en terrenos con diferente calidad de estación.

En el primer ensayo, establecido en 2007 en una zona de calidad media-alta, se utilizaron dos clones calificados como grandes productores (generación F0 y generación F1) y planta local procedente de semilla. La superioridad en crecimiento que mostraron los clones respecto de la planta local fue, con tres savias, del 172% (F0) y del 200% (F1). En el segundo ensayo, situado en una zona de calidad media-baja, se emplearon, igualmente, dos clones y planta local de semilla. El crecimiento medio de los clones fue superior al de la planta local en un 143 y 155% tras un año de plantación en campo.

Aunque no pueden extraerse conclusiones definitivas sobre las diferencias de crecimiento entre las plántulas y los clones, sí puede observarse que el comportamiento de los mismos en una calidad de sitio media es bastante bueno, lo que da una idea del potencial que la mejora genética tiene en el crecimiento del eucalipto.

En 2007 y 2008 se establecieron también dos ensayos de procedencia en zonas de calidad de estación baja con material de procedencias australiana (Jeeralang), española (Huelva y A Coruña) y etíope (Dire). Sin embargo, factores limitantes para la supervivencia o productividad del eucalipto como son las heladas o la sequía que, de forma inusual, afectaron a las zonas de plantación, provocaron una mortalidad elevada y un desarrollo muy escaso de la parte aérea en la mayoría de las plantas, no permitiendo aislar el efecto del genotipo.

### ***Creación de una red en torno al eucalipto***

El establecimiento de una red de colaboración entre instituciones, gestores, agentes de desarrollo e industrias en torno al género *Eucalyptus* en el país, surgió con el propósito de precisar objetivos y medios que permitan el desarrollo sostenible de la población, abarcando desde las políticas sectoriales, hasta los últimos consumidores de productos forestales en el medio rural.

El punto central de dicha red fue el congreso sobre “*Eucalyptus* species management, history, status and trends in Ethiopia” que tuvo lugar en la capital etíope en septiembre de 2010. Más de 100 expertos y técnicos forestales procedentes de universidades, institutos de investigación, empresas y administraciones etíopes y miembros de la Universidad Politécnica de Madrid y de la empresa ENCE, que patrocinaba el congreso, participaron en el mismo.

Se obtuvo valiosa información sobre la importancia socioeconómica y ambiental del género y su problemática hoy en día. Asimismo, se definieron los canales de

intervención para disminuir los posibles efectos desfavorables que pudieran derivarse de una gestión inadecuada y las carencias que dificultan el aprovechamiento del potencial de desarrollo humano que posee el eucalipto. Los canales fundamentales que se consideraron fueron investigación, empleo y difusión de prácticas de gestión sostenible y fortalecimiento de la colaboración nacional e internacional.

### ***Otras actividades y resultados***

En 2009 se realizó un nuevo estudio sobre el papel socioeconómico del eucalipto. El estudio muestra, entre otros aspectos, incrementos en la superficie de plantación de la especie y en su contribución a los ingresos familiares durante los últimos cinco años de un 30 y un 20%, respectivamente. De igual forma, durante los últimos siete años, el precio de la troza de eucalipto ha aumentado en un 1500%, aunque no existe un precio de mercado, acordándose de forma arbitraria entre vendedor y comprador.

Se construyó un Centro Forestal, inaugurado a finales de 2010, con los propósitos de apoyar el empoderamiento del sector forestal en Etiopía y propiciar la continuidad del proyecto, al permitir la permanencia de técnicos e investigadores en la zona durante períodos de tiempo dilatados. Se requiere dicha permanencia para la realización y supervisión inicial de ciertas actividades más complejas, como la realización de los diseños experimentales implícitos en todo proceso de investigación. El Centro se empleará también para la realización de actividades básicas de laboratorio, reuniones y talleres de capacitación forestal.

Actualmente, se está realizando un estudio de las producciones de *E. globulus* en la zona, lo que supone un aspecto fundamental para definir objetivos y estrategias de intervención concretas, así como para evaluar las posibilidades que ofrecerían ciertas técnicas de mejora, pudiendo mostrar a la población, de forma comparativa, los beneficios que se obtendrían con la aplicación de una gestión adecuada de las mismas.

### ***Conclusiones***

El eucalipto contribuye a la reducción de la pobreza en las zonas rurales de las Tierras Altas de Etiopía y permite aprovechar y recuperar tierras degradadas.

Las actuaciones de naturaleza participativa contribuyen al éxito de proyectos de desarrollo rural. La definición de los objetivos del proyecto responde a propuestas realizadas por la población local y por investigadores y trabajadores forestales etíopes, por lo que la comunidad local presenta un nivel de compromiso cada vez mayor.

### ***Líneas futuras. La mejora forestal: producir más en menor superficie***

Además de continuar con las actividades de producción de planta en vivero y reforestación de terrenos degradados, se atenderán aquellas encaminadas a suplir las carencias actuales en materia de gestión, sobre las que hoy en día se tiene un conocimiento más preciso, y cuya definición y aplicación requiere la concesión de un mayor peso a la investigación. Se trata, en líneas generales, de generar los conocimientos sobre aquellas estrategias de mejora, tanto genética como selvícola, que permitan maximizar y estabilizar los beneficios que reportarían las plantaciones de eucalipto y los medios para su aplicación, lo que resulta prioritario en el contexto analizado de las zonas rurales de las Tierras Altas etíopes.

## Referencias bibliográficas

- Abebe, T. (2005). Diversity in homegarden agroforestry systems of Southern Ethiopia. Tesis Doctoral. Wageningen University, Wageningen, pp. 143.
- Achalu, N. (2004). Farm Forestry decision-making strategies of the Guraghe households, Southern-Central highlands of Ethiopia. Tesis Doctoral. Technische Universität Dresden, Tharandt, pp. 185.
- Ahmad, R.; Malik K.A. (Edits.) 2002. Prospects for saline agriculture. Kluwer Academ. Publ. The Netherlands, pp. 460.
- Aguiló Bonnín, J. (1976). Evaluación de inversiones en la ordenación agro-hidrológica de cuencas, pp. 72, ICONA, Servicio de Publicaciones del Ministerio de Agricultura, Madrid.
- Alía R.; Alba N.; Agúndez, D.; Iglesias, S. (2005). Manual para la producción y comercialización de semillas forestales. Materiales de base y reproducción. DGB, MIMMAM, Madrid, pp. 382.
- Alía R.; Alba N.; Chambel M<sup>a</sup>. R<sup>a</sup>.; Barba D.; Iglesias, S. (2009). Genetic quality of forest reproductive materials in land restoration programmes. En: Land Restoration to Combat Desertification, Edit.: Bautista S., Aronson J., Vallejo V.R., CEAM, pp. 89-102.
- ASEMFO (2010). El papel de la biomasa forestal primaria en el nuevo PER 2011-2020. Asociación Nacional de Empresas Forestales. Documento interno.
- Bathurst, J.C.; Amezaga, J.; Cisneros, F.; Gaviño Novillo, M.; Iroumé, A.; Lenzi, M.A.; Mintgeui Aguirre, J.; Miranda, M.; Urciuolo, A. (2010). Forests and Floods in Latin America: Science, Management, Policy and the EPIC FORCE Project, Water International, Vol. 35, N° 2, pp. 114-131, UK.
- Bekele, M. (2003). Forest property rights, the role of the state, and institutional exigency: the Ethiopian experience. Tesis Doctoral. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, pp. 227.
- Bennet, H.H. (1939) Soil Conservation, Mac Graw-Hill Co., pp. 993, New York.
- García Nájera, J.M. (1943, 1962). Principios de Hidráulica Torrencial y sus aplicaciones a la corrección de torrentes, I. F. I. E., pp. 297, Madrid.
- Bigsby, H. (2009). Carbon banking: Creating flexibility for forest owners. For. Ecol. Manag. Vol 257, pp 378-383.
- Bertomeu, M. (2005). Los pequeños agricultores de montaña de Filipinas, los gestores forestales del futuro. Cuadernos internacionales de tecnología para el desarrollo humano. Desarrollo agropecuario, Diciembre 2005, pp. 2.

Bertomeu, M. (2004). Smallholder Timber Production on Sloping Lands in the Philippines: A System Approach. World Agroforestry Centre (ICRAF). Laguna, Philippines.

Böjo, J.; Cassells, D. (1995). Land degradation and rehabilitation in Ethiopia: A reassessment. AFTES Working Paper, No.17. The World Bank, Washington DC, pp. 48.

Bristow, S. (1995). Agroforestry and community-based forestry in Eritrea. Working Paper, No. 2. The World Bank, Washington, DC.

Bruce, J.W.; Hoben, A.; Rahmato, D. (1994). After the Derg: an assessment of rural land tenure issues in Ethiopia. Land Tenure Centre, University of Wisconsin, Madison, pp. 104.

Campos, P.; Rodríguez, Y.; Caparrós, A. (2001). Towards the dehesa total income accounting: theory and operative Monfragüe study cases. Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales, Fuera de serie, Vol. 1, pp. 43-62.

Chambers, R. (1992). Rural appraisal: rapid, relaxed and participatory. IDS Discussion Paper, No. 311, pp. 68.

Comas J. & Gómez Macpherson H. eds. 2007. L'agriculture et l'élevage dans les petits villages de la vallée du fleuve Sénégal en Mauritanie. I. Situation actuelle, II. Options d'amélioration et de diversification dans les petits périmètres irrigués (PPI). AEI, Pp. 130.

Connor, D. Comas, J. Gómez Macpherson H. & Mateos L. 2008. Impact of smallholder irrigation on the agricultural production, food supply and economic prosperity of a representative village beside the Senegal River, Mauritania. Agricultural Systems 96, Pp. 1-15.

Costanza, R.; Daly, H.E. (1992). Natural Capital and Sustainable Development. Conservation Biology, Vol. 6, pp. 37-46.

Carrasco, J.E. (2009). Los cultivos energéticos como alternativa sostenible a la agricultura en España: El proyecto singular estratégico para el desarrollo de los cultivos energéticos (PSE- cultivos energéticos). CIEMAT, M<sup>o</sup> de Educación y Ciencia.

Clark, J.H. (2007). Perspective green chemistry for the second generation biorefinery-sustainable chemical manufacturing based on biomass J. Chem. Technol. Biotechnol. Vol 82, pp. 603-609.

CSA. (2008). Statistical Abstract. Central Statistical Agency (CSA), Addis Abeba (disponible en <http://www.csa.gov.et/>).

Davidson, J. (1995). Eucalyptus tree improvement and breeding. Ministry of Natural Resources, Development and Environmental Protection, Forestry Research Centre, Addis Abeba, pp. 96.

Díaz-Balteiro, L.; Bertomeu, M. (2009). Optimal harvest scheduling in Eucalyptus plantations: A case study in Galicia (Spain). *Forest Policy and Economics*, Vol. 11, No. 8, pp. 548-554.

Díez, S. 2010. Biomasa forestal para calefacción: Un ejemplo en Cuéllar. Cuatro ejemplos de innovación en el medio rural. Los Martes de la RAI, Junio, 2010.

EARO. (2000). Forestry Research Strategic Plan. Ethiopian Agricultural Research Organization (EARO), Addis Abeba, pp. 99.

Etienne, M. (1996). Western European Silvopastoral Systems. INRA. París. Gea, G.; Allen, B.; San Miguel, A.; Cañellas, I. (2010). How do trees affect spatio-temporal heterogeneity of nutrient cycling in Mediterranean annual grassland? *Annals of Forest Science*, Vol. 67, No 112. DOI: 10.1051/forest/2009091.

Evans, J. (1992). *Plantation Forestry in the Tropics*. 2nd ed. Oxford University Press, Nueva York, pp. 403.

FAO. (1979). Eucalyptus for planting. FAO Forestry series, No. 11, pp. 667.

FAO. (2000). Land resource potential and constraints at regional and country levels. *World Soil Resources Report*, No. 90, pp. 114.

FAO. (2006). Global Forest Resources Assessment 2005. Progress towards sustainable forest management. FAO Forestry Paper, No.147, pp. 320.

FAO. (2007). State of the world's forest 2007. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Roma, pp. 144.

FAO (2009). Situación de los bosques del mundo. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, pp 158.

Fernández, A. (1982). Evaluación del crecimiento y productividad del monte bajo de *Eucalyptus globulus* en rotaciones sucesivas. En: Madrigal, A.; Álvarez, J.G.; Rodríguez, R.; Rojo, A. (Eds.). (1999). Tablas de producción para los montes españoles. FUCOVASA, Madrid, pp. 175-181.

Friis, I. (1995). Myrtaceae. En: Edwards, S.; Tadesse, M.; Hedberg, I. (Eds). *Flora of Ethiopia and Eritrea*, Vol. 2. Addis Ababa University, Addis Abeba, Uppsala University, Uppsala, pp. 71-106.

Füssel, H.M. (2009). An updated assessment of the risks from climate change based on research published since the IPCC Fourth Assessment Report. *Climatic Change* Vol 97, pp. 469-482.

Geburek T.H.; Turok, J. (2005). Conservation and sustainable management of forest genetic resources in Europe- an introduction. En: GEBUREK T.H., TUROK J. Edits, *Conservation and Management of Forest Genetic Resources in Europe*. *Arbora Publ.* pp. 3-8.

Godar, J. (2009). The Environmental and Human Dimensions of Frontier Expansion in the Transamazon Highway Colonization Area (Brazil). Ph.D. Thesis. Universidad de León. León.

Gebrekidan, T. (2003). Expanse of plantation forest in Ethiopia. Ministry of Agriculture, Natural Resource Management and Regulatory Department, Addis Abeba.

Hoben, A. (1995). Paradigms and politics: The cultural construction of environmental policy in Ethiopia. *World Development*, Vol. 23, No. 6, pp. 1007-1021.

Hunde, T.; Duguma, D.; Gizachew, B.; Mamushet, D.; Teketay, D. (2003a). Growth and form of *Eucalyptus grandis* provenances at Wondo Genet, southern Ethiopia. *Australian Forestry*, Vol. 66, No. 3, pp. 170-175.

Huxley, P. (1999). *Tropical Agroforestry*. Blackwell Science. Oxford.

Hunde, T.; Mamushet, D.; Duguma, D.; Gizachew, B.; Teketay, D. (2003b). Growth and form of provenances of *Eucalyptus saligna* at Wondo Genet, southern Ethiopia. *Australian Forestry*, Vol. 66, No. 3 pp. 213-216.

Hunde, T.; Gizachew, B.; Harwood, C. (2007). Genetic variation in survival and growth of *Eucalyptus globulus* ssp. *globulus* in Ethiopia. *Australian Forestry*, Vol. 70, No. 1, pp. 48-52.

Jagger, P.; Pender, J. (2000). The role of trees for sustainable management of less favoured lands: The case of *Eucalyptus* in Ethiopia. EPTD Discussion Paper, No. 65. IFPRI, Washington DC, pp. 81.

Jagger, P.; Pender, J.; Gebremedhin, B. (2005). Trading Off Environmental Sustainability for Empowerment and Income: Woodlot Devolution in Northern Ethiopia. *World Development*, Vol. 33, No. 9, pp. 1491-1510.

Jarvis, P.G. (1991). *Agroforestry: Principles and Practice*. Elsevier. Amsterdam. Joffre, R.; Rambal, S.; Ratte, J.P. (1999) The dehesa system of southern Spain and Portugal as a natural ecosystem mimic. *Agroforestry Systems*, Vol. 45, pp. 57-79.

Labrecke M.; Toedorescu, T.I. (2005). Field performance and biomass production of 12 willow and poplar clones in short rotation coppice in southern Quebec. *Biomass and Bioenergy*, Vol. 29, No 2, pp. 1-9.

Kidanu, S. (2004). Using Eucalypts for Soil and Water Conservation in the Highland Vertisols of Ethiopia. Tesis Doctoral. Wageningen University, Wageningen, pp. 197.

Lambert, M.; Turner J. (Edits.) (2000). *Commercial forest plantations on saline lands*. CSIRO Publishing, Collin Wood, Australia, pp. 198.

Leakey, R. (1993). *La formación de la humanidad*. RBA. Barcelona.

Lemenih, M.; Teketay, D. (2005). Effect of prior land use on the recolonization of native woody species under plantation forests in the highlands of Ethiopia. *Forest Ecology and Management*, Vol. 218, No. 1-3, pp. 133-140.

Lemenih, M. (2006). Expediting ecological restoration with the help of foster tree plantations in Ethiopia. *Journal of the Drylands*, Vol. 1, No. 1, pp. 72-84.

Lemenih, M.; Ewnetu, Z. (en prensa). Small scale forests managed by smallholder farmers in Ethiopia. *CIFOR Review Paper*.

Lenzi, M.A.; D'Agostino, V.; Sonda, D. (2000). Ricostruzione Morfologica e Recupero Ambientale dei Torrenti, pp. 208, Editoriale Bios, Italy.

López Cadenas, F. (Director) y 21 autores (1994, 1998). Restauración Hidrológico-Forestal de cuencas y Control de la erosión, pp. 929, Ministerio de Medio Ambiente, Tragsa y Tragsatec, Ediciones Mundi Prensa, Madrid.

MARM. (2008). Anuario de Estadística Forestal 2007. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (MARM) (disponible en [http://www.mma.es/portal/secciones/biodiversidad/montes\\_politica\\_forestal/estadisticas\\_forestal/indice\\_estadisticas\\_forestales\\_2007.htm](http://www.mma.es/portal/secciones/biodiversidad/montes_politica_forestal/estadisticas_forestal/indice_estadisticas_forestales_2007.htm)).

Maroto, J.V. (1998). Historia de la Agronomía. Mundi-Prensa. Madrid.

Martinez, E.; Lucas, M.E.; Andrés, M., López, F.R.; García, F.A.; del Cerro, A. (2010). Aprovechamiento energético de *Pawlonia* sp en el ámbito mediterráneo. *MONTES* Vol 102, pp. 5-11.

Mateos, L. Lozano, D. Ould Baghil, A.B. Diallo, O.A. Gómez-Macpherson, H. Comas J. & Connor D. 2010. Irrigation performance before and after rehabilitation of a representative, small irrigation scheme besides the Senegal River, Mauritania. *Agriculture Water Management*. 97, Pp. 901-909.

Mekonnen, Z.; Kassa, H.; Lemenih, M.; Campbell, B.M. (2007). The role and management of Eucalyptus in Lode Hetosa District, Central Ethiopia. *Forests, Trees and Livelihoods*, Vol. 17, No. 4, pp. 309-323.

Mihretu, M. (1992). The regeneration of *Juniperus procera* in *Eucalyptus globulus* plantations. *FRC Newsletter*, Vol. 3, No. 1-3, pp. 2-3.

Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and human well-being: synthesis*. Island Press, Washington, D.C., USA.

Mintegui Aguirre, J.A.; López Unzu, F. (1990). La Ordenación agro-hidrológica en la planificación, Servicio de Publicaciones del Gobierno Vasco, pp. 306.

Mintegui Aguirre, J.A.; Robredo Sánchez, J.C. (2008). Estrategias para el control de los fenómenos torrenciales y la ordenación sustentable de las aguas, suelos y bosques en cuencas de montaña, UNESCO Documentos Técnicos del PHI-LAC núm. 13, pp. 176, Montevideo, Uruguay.

Montero, G.; San Miguel, A.; Cañellas, I. (2000) Systems of Mediterranean silviculture. La dehesa, Grafistaff, Madrid, 48 pp.

Montero, G.; Ruiz Peinado, R.; Muñoz, M. (2005). Producción de biomasa y fijación de carbono por parte de los bosques españoles. Monografía INIA, Serie Forestal, nº 13, Madrid.

Montserrat Recoder, P. (2009). La cultura que hace el paisaje. Ed. Fertilidad. Estella (Navarra).

MoFED. (2007). Ethiopia population image 2006. Ministry of Finance and Economic Development (MoFED) Population Department, Addis Abeba, pp. 35.

MoNREP. (1994). Ethiopian Forestry Action Plan (EFAP). The Challenge for Development. Final Report, Vol. 2. Ministry of Natural Resources and Environmental Protection (MoNREP), Addis Abeba, pp. 95.

Murgueitio, E. (2006). Silvopastoral Systems in the Neotropics, pp. 24-29. En: Mosquera, M.R.; Rigueiro, A.; McAdam, J. (Eds.) Silvopastoralism and Sustainable Land Management. CABI Publishing. Oxfordshire, UK.

Musgrave, G.W. (1947). The Quantitative Evaluation of Factors in Water Erosion – A First Approximation. Journal Soil Conservation, pp. 321-327.

Nair, P.K.R. (1993). An Introduction to Agroforestry. Kluwer. Dordrecht, The Netherlands.

Olea, L.; San Miguel, A. (2006). The Spanish dehesa. A Mediterranean silvopastoral system linking production and nature conservation. Grassland Science in Europe, Vol. 11, pp. 3-13.

OlarRieta, J.R.; Padrò, R.; Masip, G.; Rodríguez-Ochoa, R.; Tello, E. (en prensa). 'Formiguers', a historical system of soil fertilization (and biochar production?) Agriculture, Ecosystems and Environment.

Örlander, G. (1986). Growth of some forest trees in Ethiopia and suggestions for species selection in different climatic zones. FRC Research Note No. 2, pp. 52.

Pardos, J.A. (2010). Los ecosistemas forestales y el secuestro de carbono ante el calentamiento global. Monografías INIA, Serie Forestal, nº 20, pp. 253.

Parrotta, J.A. (1992). The role of plantation forests in rehabilitating degraded tropical ecosystems. Agriculture, Ecosystems and Environment, Vol. 41, No. 2, pp. 115-133.

Persson, A. (1995). Exotics - Prospects and risks from European and African viewpoint. Búvisindi Agricultural Science, Vol. 9, No. 1, pp. 47-62.

Pérez-Soba, M.; San Miguel, A.; Elena, R. (2007). Complexity in the simplicity: the Spanish dehesas. The secret of an ancient cultural landscape with high nature value still

functioning in the 21st century. Chapter 22. pp. 369-384. En Pedroli, B.; van Doorn, A.; de Blust, G.; Paracchini, M.L.; Wascher, D.; Bunce, F. (Eds.): Europe's Living Landscapes. KNNV Publishing. The Netherlands.

PROGRAMA ONU-REDD, 2010. Perspectivas sobre REDD+, pp. 12.

Pohjonen, V.; Pukkala, T. (1990). Eucalyptus globulus in Ethiopian forestry. Forest Ecology and Management, Vol. 36, No.1, pp. 19-31.

Poore, M.E.D.; Fries, C. (1985). The ecological effects of Eucalyptus. FAO Forestry Paper, No. 59, pp. 93.

Poschen-Eiche, P. (1987). The application of farming systems research to community forestry: a case study in the Hararghe Highlands, Eastern Ethiopia. Tropical Agriculture, Vol.1. TRIOPS, Verlag, Langen.

Rawson H.M., Gómez-Macpherson H., Hossain A.B.S., Saifuzzaman M., ur-Rashid H., Sufian M.A., Samad M.A., Sarker A.Z., Ahmed F., Talukder Z.I, Rahman M., Siddique M.M.A.B. & Ammin M. 2007. On-farm wheat trials in Bangladesh: A study to reduce perceived constraints to yield in traditional wheat areas and southern lands that remain fallow during the dry season. Experimental Agriculture, 43, Pp. 21-40.

Regato, P. 2008. Adaptación al cambio global. Los bosques mediterráneos. IUCN, pp. 73.

Renard, K.G.; Foster, G.R.; Weessies, G.A.; Porter, J.P., (1991). RUSLE: Revisited Universal Soil Loss Equation, J. Soil and Water Conservation, 46(1), pp. 30-33.

Rigueiro, A.; McAdam, J.; Mosquera, M.R. (2009). Agroforestry in Europe. Series Advances in Agroforestry 6. Springer, Dordrecht.

Ruiz, F.; López, G.; Toval, G.; Reyes, A. (2008). Selvicultura de Eucalyptus globulus Labill. En: Serrada, R.; Montero, G.; Reque, J.A. (Eds.). Compendio de selvicultura aplicada en España. INIA, MEC, FUCOVASA, Madrid, pp. 117-154.

San Miguel, A. (2003). Gestión silvopastoral y conservación de especies y espacios protegidos, pp. 409-422. En: Robles, A.B.; Ramos, M.E.; Morales, M.C.; Simón, E.; González-Rebollar, J.L.; Boza, J. (Eds.) Pastos, desarrollo y conservación. Junta de Andalucía. Granada.

San Miguel, A. (2006). Mediterranean European Silvopastoral Systems. pp. 36-40 En: Mosquera, M.R.; Rigueiro, A.; McAdam, J. (Eds.) Silvopastoralism and Sustainable Land Management. CABI Publishing. Oxfordshire, UK.

Sanchez, A.; Miquelena, O; Flores, R.(2003). Comportamiento de Leucaena leucocephala durante el establecimiento regada por goteo artesanal en ambiente semiárido. Rev. Fac. Agron. (Luz) Vol. 20, pp. 352-363.

Segura, J.M. (2005) Las actividades tradicionales en el carrascal de la Font Roja. Las explotaciones de aprovechamiento vegetal: Las carboneras. Ayuntamiento de Alcoy.

Sixto, H.; Hernández, M.J.; Barrio, M.; Carrasco, J.; Cañellas, I. (2007). Plantaciones del género *Populus* para la producción de biomasa con fines energéticos: revisión. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales* Vol. 16, nº 3, pp. 277-294.

Sun, B.; Sohngen, B. (2009). Set-asides for carbon sequestration: implications for permanence and leakage. *Climatic Change* Vol 96, pp. 409-419.

Stevenson, A.C.; Harrison, R.J. (1992). Ancient forests in Spain: a model for land use and dry forest management in South-west Spain from 4000 BC to 1900 AD. *Proceedings of the Prehistoric Society*, 58, 227-247.

SECF. (2005). *Diccionario Forestal*. Mundi-Prensa. Madrid.

Surrel, A. (1841). *Etude sur les torrents des Hautes Alpes*, Carilian-Goeury et Victor Dalmont, pp. 283, Paris.

Stiles, D.; Pohjonen, V.; Weber, F. (1991). Reforestation: The Ethiopian experience, 1984-1989. *UNSO Technical Publication Series*, No. 4, pp. 27

Tadesse, G.; Peden, D.; Abiye, A.; Wagnew, A. (2003). Effect of manure on grazing lands in Ethiopia, East African Highlands. *Mountain Research and Development*, Vol. 23, No. 2, pp. 156-160.

Teketay, D. (2000). The ecological effects of Eucalyptus: Ground for making wise and informed decision. En: *The Eucalyptus dilemma Workshop*, 15 November 2000, Addis Ababa, pp. 15-42.

Teshome, T. (2009). Is Eucalyptus ecologically hazardous tree species?. *Ethiopian e-Journal for Research and Innovation Foresight*, Vol. 1, No. 1, pp. 128-134.

Tiarks, A.; Nambiar, E.K.S.; Cossalter, C. (1998). Site management and productivity in tropical forest plantations. *CIFOR Occasional Paper*, No. 16, pp. 11.

Tizale, C.Y. (2007). The dynamics of soil degradation and incentives for optimal management in the Central Highlands of Ethiopia. Tesis Doctoral. University of Pretoria, Pretoria, pp. 263.

Turnbull, J.W.; Pryor, L.D. (1978). Choice of species and seed sources. En: Hillis, W.E.; Brown, A.G. (Eds.). *Eucalypts for wood production*. CSIRO Publishing, Melbourne, pp. 6-65.

Thiery, E. (1891, 1914.). *Restauration des montagnes, correction des torrents et reboisement*, Librairie Polytechnique Ch. Beranger, pp. 480, Paris et Liege.

TNRG. (1997). *Land Use Proclamation*. Proclamation No. 23/1997. Tigray National Regional Government (TNRG), Mekele.

Tremblay, S.; Ouimet, R.; House, D. (2002). Prediction of organic carbon content in upland forest soils of Quebec Canada. *Can. J. For Res.* Vol 32, pp. 903-914.

UNEP-FAO-UNFF. (2009). Vital Forest Graphics. UNEP, FAO, UNFF. [http://www.unep.org/publications/search/pub\\_details\\_s.asp?ID=4060](http://www.unep.org/publications/search/pub_details_s.asp?ID=4060) (acceso enero 2011).

Von Breitenbach, F. (1961). Forests and woodlands of Ethiopia, a geobotanical contribution to the knowledge of the principal plant communities, with special regard to forestry. *Ethiopian Forestry Review*, Vol. 1, No. 1, pp. 5-16.

Waterworth, R.M.; Richards, G.P., (2008). Implementing Australian forest management practices into a full carbon accounting model. *For. Ecol. Manag.* Vol 255. pp. 2434-2443.

Williams, J.R. (1975). Sediment-yield prediction with Universal Equation using run-off energy factor, Agricultural Research Service (A.R.S.) num. 40, U.S.A. Department of Agriculture, pp. 244-252.

Wischmeier, W.H.; Smith, D.D. Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning, pp. 58, *Agricultural Handbook*, num. 537, Washington DC.

UNDP. (2010). Human Development Report 2010. The real wealth of nations: pathways to human development. United Nations Development Programme (UNDP), Nueva York, pp. 227.

Wirtu, D. (2002). Forest and forestry's role in food security: The forgotten intervention in food security efforts. En: Teketay, D.; Yemshaw, Y. (Eds.). *Forest and Environment: Proceedings of the fourth annual conference 2002*, Addis Ababa, 14-15 January 2002. Forestry Society of Ethiopia, Addis Abeba, pp. 32-37.

Zerfu, H. (2002). Ecological impact evaluation of Eucalyptus plantations in comparison with agricultural and grazing landuse types in the Highlands of Ethiopia. Tesis Doctoral. Vienna University of Agricultural Sciences, Viena, pp. 283.

Zing, A.A. (1940). Degree and Length of Land Slope as it Affects Soil Loss in Runoff. *Agricultural Engineering* 21(2), pp. 59-64.

Zohar, Y.; Guo, J.; Crawford; D.F. (2002). Effect of NaCl and high pH on seedling growth of 15 *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. provenances. *New Forests* Vol 23, pp. 193-206.