



SilvaPlus

Promoción del uso sostenible
de la biomasa forestal para fines energéticos
en el Norte de Portugal y sur de Galicia

www.silvaplus.com



SilvaPlus

promoción del uso sostenible de biomasa forestal para fines energéticos en el norte de Portugal y sur de Galicia

Promoción del uso sostenible de la biomasa forestal para fines energéticos en el Norte de Portugal y sur de Galicia



Índice

- 5 **Prólogo**
- 7 **Red de Cooperación en biomasa. Experiencia dinamizadora en la región transfronteriza Norte de Portugal-sur de Galicia**
- 10 **Áreas de ensayo y demostración de producción de biomasa forestal**
- 22 **La formación en Silvaplus**
- 26 **I Muestra de biomasa forestal**
- 28 **Promoción y comunicación en Portugal**
- 30 **Biomasa forestal, recurso de proximidad**
- 32 **Cultivos energéticos leñosos en la región transfronteriza Norte de Portugal-sur de Galicia**
- 34 **Estructuras de madera para parques de biomasa**
- 36 **Edificaciones eficientes. Descripción de tres edificios en Galicia**
- 38 **Edificaciones eficientes. Descripción de un edificio en Portugal**
- 40 **Producción de calor a partir de biomasa forestal en Galicia**
- 42 **Producción de calor a partir de biomasa en Portugal**
- 44 **La biomasa como alternativa para la calefacción de viviendas**
- 46 **Avances en las calderas de biomasa para uso doméstico**
- 48 **Biomasa forestales de interés energético en el sur de Galicia y Norte de Portugal**

Dirección: Francisco Dans del Valle, Asociación Forestal de Galicia

Coordinación: M^a Cristina Verde Figueiras

Textos: Rosário Alves, Joana Bateira, Jorge Cunha, Francisco Dans del Valle, Patrícia Enes, Sandra Estevens, Diego Fernández Suárez, Manuel Guaita Fernández, Alejandro Martínez García, Bruno De Miranda Santos, Braulio Molina Martínez, Luis Ortiz Torres, Julio Ruiz Cagigal y Nicolás Vázquez Iglesias

Fotografías: Juan José Guisado Martínez, Alejandro Martínez García, Braulio Molina Martínez, Julio Ruiz Cagigal, M^a Cristina Verde Figueiras, Câmara Municipal de Alcácer do Sal y Forestis. Fotografías de las páginas 44 y 45: Creative Commons

Cartografías: M^a Jesús Lago Feijóo

Infografía: Braulio Molina Martínez

Edita: Asociación Forestal de Galicia y FORESTIS-Associação Florestal de Portugal

Diseño: seteseito diseño gráfico

Impresión: Gráficas Garabal

DL: C 2322-2013

Prólogo

Rosário Alves. Directora ejecutiva de Forestis

Francisco Dans del Valle. Director de la Asociación Forestal de Galicia

Dando continuidad a diversas iniciativas desarrolladas por organizaciones de propietarios forestales, el proyecto Silvaplus, *Promoción del uso sostenible de biomasa forestal para fines energéticos en el norte de Portugal y sur de Galicia*, ha centrado sus objetivos en promover un espacio transfronterizo de cooperación en el que la biomasa forestal que producen los bosques de esta región pueda llegar a tener un aprovechamiento sostenible y en el que los utilizadores de este recurso renovable puedan plantearse, sin problemas de suministro, proyectos e iniciativas energéticas.

Durante dos años y medio de trabajo, los expertos que han trabajado en la realización del proyecto han conseguido establecer una alianza organizativa entre propietarios forestales, agentes institucionales locales y regionales, empresas de servicios y empresas e instituciones consumidoras de biomasa, que ha sido capaz de llamar la atención de los ciudadanos sobre el aprovechamiento de un recurso endógeno, cuyo abandono está en la raíz del riesgo recurrente de incendio forestal y, a la vez, relacionar este aprovechamiento con el ahorro energético y el uso de fuentes de energía más respetuosas con el medio ambiente.

Los resultados del proyecto han sido coherentes con los objetivos marcados. Entre ellos es preciso destacar la constitución de una red de cooperación permanente y transfronteriza que ha impulsado la realización de interesantes estudios e informes orientados a dinamizar el mercado de la biomasa y ha organizado diversos foros y eventos de promoción del uso local de la biomasa forestal primaria con fines energéticos.

Por otra parte, Silvaplus ha dedicado una atención preferente al I+D+i relacionado con los procesos silvícolas de generación de biomasa. Expertos y científicos han conseguido instalar en montes de la zona una red de parcelas de ensayo y demostración destinadas a difundir modelos de selvicultura mixta madera+biomasa y cultivos energéticos con criterios de sostenibilidad y dirigidos a incrementar la producción de biomasa. En la misma línea, Silvaplus ha destinado recursos específicos al diseño de prototipos de parques cubiertos y puntos de recogida de biomasa con estructuras y elementos constructivos utilizando madera local y que se espera resulten una referencia obligada en futuras instalaciones.

La logística para la comercialización de biomasa ha tenido una atención relevante en Silvaplus. Se ha efectuado, con la colaboración de expertos de distintas universidades, la caracterización de las diferentes biomásas existentes en la zona de intervención que ha permitido conocer las posibilidades reales de su utilización.

De acuerdo con las opiniones recogidas, las acciones de formación han sido muy bien recibidas. Han sido dirigidas a distintos colectivos con interés en el aprovechamiento y en el uso de la biomasa. Propietarios y gestores forestales, instaladores de calderas, arquitectos e ingenieros industriales, así como funcionarios de administraciones locales han contado con una programación específica en los cursos que se han organizado.

Por último, las actividades de comunicación y de difusión, especialmente las orientadas a la ciudadanía, han sido muy cuidadas y han centrado muchos esfuerzos del equipo. La web del proyecto, www.silvaplus.com, los más de treinta *newsletter* elaborados y distribuidos, la organización de la Muestra de biomasa de Tomiño, la participación en ferias locales, el seminario internacional de presentación de resultados en Viana do Castelo y la presente publicación, son algunas de las acciones más relevantes desarrolladas a lo largo de estos dos años y medio de ilusionante y enriquecedor trabajo que se ha realizado con el apoyo del Programa Operativo de Cooperación Transfronteriza España-Portugal 2007-2013 (POCTEP).

Gracias a todos los que han participado y cooperado con nosotros, el proyecto finaliza pero la Red Silvaplus continúa.



✍ Rosário Alves

Directora ejecutiva de Forestis

✍ Francisco Dans del Valle

Director de la Asociación Forestal de Galicia

Red de cooperación en biomasa. Experiencia dinamizadora en la región transfronteriza Norte de Portugal – sur de Galicia



Reunión de la Red de Cooperación Silvaplus en Tomiño el 24 de noviembre de 2011.

Uno de los principales objetivos del proyecto Silvaplus fue establecer una alianza organizativa entre propietarios forestales, agentes institucionales locales y regionales, empresas de servicios y empresas e instituciones consumidoras de biomasa.

Desde el momento inicial de desarrollo del proyecto se consideró estratégica la tarea de involucrar a actores capaces de inducir un efecto multiplicador en diferentes ámbitos sociales. Así, la creación de la Red de Cooperación tuvo como principio básico promover la relación entre diferentes agentes con una óptica de intervención conjunta a fin de potenciar y valorizar los diferentes conocimientos y experiencias, de aproximar intereses y de promover nuevas posibilidades de cooperación. Se pretendía involucrar al mayor número de agentes con interés en intervenir en la Red, desarrollando un conjunto de actividades diversificadas.

En Portugal y en Galicia se pudo contar con la participación de un elevado número de entidades relacionadas con la producción forestal, la energía, la enseñanza y la investigación, pero también se contó con la participación de empresas privadas y de organismos públicos unidos con una voluntad común de dinamizar la economía y valorizar los recursos locales. Las actividades promovidas tuvieron siempre como

preocupación principal la identificación de necesidades y el análisis de problemas y obstáculos de los diferentes intereses representados. A partir de ahí, se trató de encontrar las mejores soluciones para el desarrollo sostenible del sector de la biomasa, bajo una lógica de aproximación entre los distintos agentes y de construcción de una cadena de valor equilibrada. Reuniones generales de la Red de Cooperación, reuniones entre distintos miembros de la Red y visitas técnicas, fueron algunas de las principales actividades de carácter interno realizadas en el seno de la Red.

Áreas de trabajo y composición de la Red

La primera sesión de trabajo, celebrada en noviembre de 2011, contó con la presencia de cerca de setenta personas de Galicia y del Norte de Portugal que respondieron a una convocatoria en la que únicamente se planteaba la necesidad de crear una Red de Cooperación para dinamizar el sector de la biomasa.

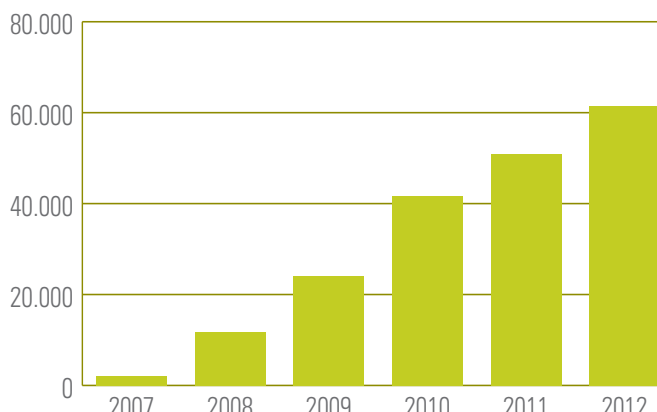
Apoyados en los resultados de una encuesta formulada a los participantes, en la reunión inicial se definieron las áreas de trabajo y posibles temas a desarrollar, los medios a emplear y se establecieron las responsabilidades de las distintas instituciones en la ejecución

Áreas de trabajo	Temas a desarrollar
Biomasa forestal primaria	Disponibilidad de biomasa Características y tipologías Precios y mercados Productores y suministradores
Cultivos energéticos forestales	Especies y exigencias de las estaciones Modelos silvícolas para la gestión del arbolado Planificación y sostenibilidad Legislación actual y propuestas para el sector Producción y análisis económico
Formación y divulgación	Formación para diferentes públicos (propietarios forestales, operadores de biomasa, promotores e inversores). Información y divulgación
Logística y equipamientos	Sistemas de aprovechamiento, cosecha, transporte y almacenamiento Sistemas de medición de biomasa y de trazabilidad Identificación de limitaciones legales en la logística y en los aprovechamientos
Instalaciones bioenergéticas	Modelos existentes y localización Biocombustibles locales y adaptación de calderas Posibilidades de aplicación y eficiencia energética Tratamiento y usos de las cenizas Apoyos y líneas de desarrollo
Normativas y políticas energéticas	Recopilación de legislación actual y desarrollo de propuestas Apoyo a instalaciones para producción de calor y electricidad
Ventajas del uso de biomasa	Balace de CO ₂ en la utilización energética e impactos ambientales Generación de empleo y desarrollo local Efectos sobre la gestión forestal Economía energética

de las distintas tareas, así como se planteó la forma de relación entre los distintos agentes. Por su parte, los aspectos en los que se debía centrar la cooperación quedaron precisados con un alto grado de respaldo.

En la actualidad la Red cuenta con la participación de más de ochenta instituciones y empresas, representando distintas áreas e intereses.

Entidades participantes en la Red de Cooperación Silvaplus



Es importante también resaltar algunas contribuciones que ayudaron a construir las actuaciones a lo largo del proyecto y que serán tenidas en cuenta en acciones futuras:

➤ La participación en la dinamización y estructuración de este sector por parte de los agentes relacionados con la producción forestal, contribuyendo a una mejor viabilidad económica de las explotaciones forestales.

➤ La necesidad de participación activa de todos los elementos de la cadena de valor y la disminución de los costes asociados al aprovechamiento de la biomasa forestal con el objetivo de aumentar la competitividad de este recurso en los mercados.

➤ La apuesta por la calidad del producto, teniendo en cuenta parámetros como el grado de humedad, características caloríficas y la ausencia de materiales no deseables.

➤ La necesidad de producir información y de sensibilizar al consumidor dando a conocer las ventajas del uso de la biomasa forestal como fuente de energía local y renovable, con beneficios ambientales y socioeconómicos relevantes para las regiones.

En Portugal, uno de los temas de debate más frecuentes estuvo relacionado con la identificación de las mejores soluciones para la utilización de biomasa forestal en el calentamiento de edificios teniendo en cuenta las características de los territorios y utilizando de forma óptima los recursos forestales de la región de Alto Minho.

Fueron realizadas múltiples reuniones con distintos agentes de la Red. De entre ellas se pueden resaltar las promovidas con asociaciones de propietarios forestales, con distintos ayuntamientos del área de intervención del proyecto, con la Comunidad Intermunicipal del Alto Minho y también con otras entidades involucradas en proyectos de aprovechamiento de biomasa con fines energéticos, especialmente el Departamento de Conservação da Natureza e Florestas do Algarve y la Universidad de Vigo. También es preciso mencionar las visitas de grupos de expertos, estudiantes, investigadores y promotores diversos que se organizaron en el marco de la Red de Cooperación.

Por último, encuadradas también en las actividades de la Red de Cooperación, técnicos responsables del proyecto y expertos involucrados en la Red realizaron visitas a unidades industriales y a instalaciones de manejo de biomasa o con sistemas de calefacción de biomasa entre las cuales podemos destacar:

➤ El Centro de Interpretación Ambiental de la Laguna de Bertandos (Portugal) que tiene un sistema de calefacción con astilla.



Reunión de la Red de Cooperación en Ponte de Lima el 25 de octubre de 2012.

- Una central de producción de energía eléctrica a partir de biomasa forestal con capacidad de 30 MWh localizada en Figueira da Foz (Portugal).
- Una industria de producción de *pellets*, dedicada principalmente para exportación, localizada en el término municipal de Arganil, Portugal.
- Instalaciones de manejo de biomasa forestal para usos térmicos en Xinzo- Pontearreas en Galicia.

Las áreas de trabajo de la red y sus resultados

Distribuidos dentro de las áreas de trabajo seleccionadas, se indican a continuación los resultados más relevantes obtenidos mediante la cooperación entre los distintos agentes, públicos y privados, que participaron en el desarrollo de las distintas actividades.

Realización de análisis sobre aspectos estratégicos comunes en la utilización de la biomasa con fines energéticos

- Estudio de demanda de calor en instalaciones en el término municipal de Tomiño.
- Estudio de infraestructuras de apoyo.
- Elaboración de código de buenas prácticas silvícolas en el aprovechamiento de biomasa.
- Descripción de cultivos energéticos de interés en la región transfronteriza.
- Caracterización de las biomásas de interés existentes en los montes de la región transfronteriza.
- Informe sobre los sistemas de medición y clasificación de biomasa.

Establecimiento de una plataforma común de innovación y conocimiento en materia de biomasa

- Página web Silvaplus.
- Organización y realización de 9 cursos formativos con más de 360 participantes.



Visita a una central de producción de energía eléctrica en Figueira da Foz (Portugal).

- Organización y celebración de tres encuentros entre expertos y agentes de la Red con visitas técnicas de interés a parques de biomasa y centros de consumo.
- Organización y celebración de tres reuniones transnacionales entre los agentes de la Red de Cooperación.
- Seminario internacional Silvaplus en Viana do Castelo.

Desarrollo de iniciativas de promoción

- I Muestra de biomasa en Tomiño.
- Participación en varias ferias sectoriales de biomasa.
- Realización de diez jornadas de puertas abiertas para presentar y promocionar instalaciones energéticas.

Eliminación de barreras al desarrollo del sector

- Recogida y distribución de información relevante entre los agentes de la Red.
- Informe sobre empresas forestales e industrias de la madera con actividad en el sur de Galicia.
- Informe sobre sistemas de explotación forestal y de comercio de la madera en el sur de Galicia.
- Elaboración y distribución de treinta *newsletter* Silvaplus a más de 2.000 personas.

El conjunto de acciones desarrolladas dentro de la Red de Cooperación permitió recoger, producir y divulgar información contando como principales soportes la página web del proyecto (www.silvaplus.com) y los *newsletter*, respondiendo a los distintos intereses de los diferentes agentes involucrados. Fruto de esta dinámica, hemos asistido a una creciente solicitud de peticiones de información y apoyo técnico de numerosas personas y entidades a quienes estos temas suscitaban interés. Muchas de estas solicitudes estaban relacionadas con la posibilidad de iniciar actividades asociadas al aprovechamiento de biomasa y también relacionadas con posibles proyectos de instalaciones que con seguridad podrán potenciar el desarrollo de este mercado.

Áreas de ensayo y demostración de producción de biomasa forestal



Cierre perimetral de la parcela de Parada de Achas (A Cañiza).

La necesidad de diversificar la producción de los montes y de encontrar nuevas fuentes de ingresos para sus propietarios, así como el interés por la disminución de la dependencia de los combustibles fósiles mediante el uso de la biomasa forestal, son las principales razones que impulsan la valorización de los productos energéticos forestales primarios. En regiones templadas con una productividad vegetal leñosa elevada, es donde puede resultar más interesante desarrollar modelos de silvicultura que permitan maximizar la producción de biomasa haciéndola compatible con otros usos vigentes en la actualidad.

Entre las acciones realizadas dentro del proyecto Silvaplus destacan la instalación de cinco áreas de ensayo y demostración para la producción mixta de biomasa y madera y de dos áreas dedicadas a experimentar cultivos energéticos forestales con una superficie total de 20,7 hectáreas. Esta iniciativa ha sido desarrollada por la Asociación Forestal de Galicia-AFG, la Associação Florestal de Portugal-FORRESTIS y el Ayuntamiento de Pontearreas y ha contado con el apoyo científico del Centro de Investigación Forestal de Lourizán para el diseño de los ensayos.

Desde la perspectiva de la producción de biomasa, en los montes de la región pueden establecerse tres categorías en función de la proporción de biomasa forestal primaria que se puede aprovechar para energía respecto a la biomasa total aprovechada para energía y para madera industrial.

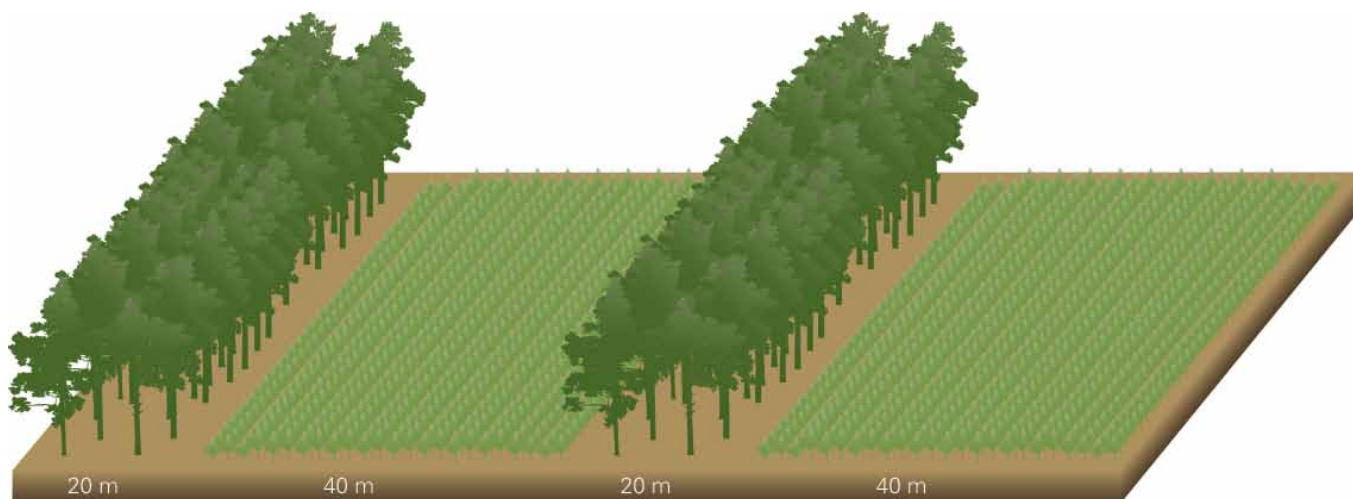
Clase de monte	Porcentaje biomasa	Porcentaje madera
Producción principal de madera	0-20%	80-100%
Producción mixta madera-biomasa	40-80%	20-60%
Cultivos energéticos forestales	100%	0%

En la actualidad, la mayor parte de los montes de la región están incluidos en la primera categoría dedicados de forma principal a la producción de madera salvo algún caso puntual o de demostración.

1. La producción mixta madera-biomasa

La región transfronteriza del sur de Galicia y norte de Portugal presenta una alta proporción de masa forestal arbolada respecto a la superficie territorial. El monte está formado principalmente por pino del país (pino marítimo, pino bravo o *Pinus pinaster*) y eucalipto (*Eucalyptus globulus*), destinadas ambas especies a una producción principal de madera. En montes de estas características se han establecido cinco áreas de ensayo y demostración en las que se han instalado parcelas con fajas de producción de madera intercaladas con otras de producción de biomasa a fin de lograr ciclos productivos más cortos utilizando distintas alternativas. En los ensayos se busca

Gráfico 1. Masa forestal aprovechada por el sistema mixto madera-biomasa por fajas



encontrar cuales son las características óptimas y equilibradas para un aprovechamiento mixto madera-biomasa.

Descripción del sistema mixto por fajas

El aprovechamiento por fajas ya se ha utilizado en la silvicultura tradicional para producción de madera, en particular para reducir laafección del viento en comarcas muy ventosas. Se basa en el principio de que las masas arboladas maduras situadas a barlovento dan protección y mejoran el crecimiento de las masas jóvenes a sotavento. También se ha utilizado para conseguir una mejor diseminación lateral.

Este sistema presenta características positivas entre las que se puede resaltar el alto rendimiento de los trabajos mecanizados. En los montes siempre interesa disponer de grandes longitudes de trabajo para reducir las maniobras de la maquinaria. Se tratará de conseguir fajas largas y, si puede ser, que estas tengan la misma dirección que la pendiente máxima del terreno a fin de mejorar el rendimiento de cualquier maquinaria de silvicultura o aprovechamientos. No hay grandes diferencias en rendimiento si se compara con el trabajo a hecho o total de una vez, que siempre es el de máximo rendimiento, pero sí con otros sistemas de corta por bosquetes o pie a pie.

Por otra parte, la anchura de faja puede dimensionarse para ajustarse al ratio deseado de producción madera/biomasa. Con carácter general, las fajas estrechas favorecen la producción de madera por su mayor dominancia sobre la biomasa.

La dirección u orientación de las fajas puede proyectarse para regular la influencia de factores ambientales que influyen en la producción como puede ser la protección frente al viento. La dirección normal predominante del viento en la zona de estudio es nordeste-suroeste, que por los accidentes orográficos puede experimentar cambios. El viento es un agente ralentizador del crecimiento y las fajas de madera, por su mayor desarrollo en altura, pueden frenar su velocidad y proteger las de biomasa. Lo interesante es orientar las fajas de forma perpendicular a la dirección predominante del viento: noroeste a suroeste. A su vez es necesario considerar la máxima insolación de faja. Se consigue cuando las fajas se trazan de norte a sur y en segundo lugar de noroeste a sureste (esta dirección es favorable también para la protección contra viento).

Frente a estas características positivas, deben también exponerse los problemas que suponen la adopción del sistema de aprovechamiento por fajas: aumenta el riesgo de derribos por el viento, tiene una gestión más compleja, los árboles a aprovechar son más heterogéneos y pierde calidad el paisaje con sus contrastes geométricos.

Organización de la selvicultura en el sistema mixto madera-biomasa por fajas

El programa de selvicultura se puede describir considerando un ciclo completo de producción de madera. La faja de biomasa tiene un ciclo productivo corto, aproximadamente 5 años para el eucalipto y 10 años para el pino. La faja de madera tiene un ciclo que puede ser de 12 a 15 años para el eucalipto y 30 para el pino. Es conveniente que el turno de la faja de madera sea múltiplo del turno de la faja de biomasa y, si ello no es posible, es recomendable hacer coincidir la corta final de la faja de madera con una corta de biomasa. En el gráfico 2 puede verse un perfil transversal de cómo evolucionan las fajas de madera y biomasa para el caso del pino.

Gráfico 2. Ejemplo de evolución del ciclo productivo mixto madera-biomasa para el pino



En el caso del pino, en la faja de madera se lleva a cabo un programa ordinario de selvicultura para producción de madera de calidad a base de desbroces, podas, clareos y claras. En la faja de biomasa no sería necesario hacer más que lograr una regeneración completa y fertilizar, si fuera necesario, al principio de cada periodo. En el caso particular del pino podría recurrirse al diseminado lateral para lograr la regeneración natural de la masa abaratando costes.

En el caso del eucalipto, en la faja de madera se puede llevar a cabo un programa de selvicultura para producir madera destinada a pasta por medio de repoblación o selección de brotes en la fase inicial y desbroces periódicos después. En la faja de biomasa no sería necesario hacer ninguna intervención ya que se aprovecharían los brotes



Replanteo de la parcela de Amorín (Tomiño).

de cepa salvo quizás una fertilización periódica para reponer los nutrientes de los aprovechamientos continuos en ciclos cortos.

Ventajas del sistema mixto madera-biomasa por fajas

Mediante la utilización de un sistema mixto se espera obtener una serie de mejoras respecto a los sistemas individuales de producción principal de madera o de cultivo energético puro. Las principales ventajas a considerar son las siguientes:

a) Flexibilidad y reversibilidad del sistema

Es un sistema que admite la posibilidad de transformarse en monte de producción principal de madera o en cultivo energético con relativa facilidad, flexibilidad que le permite evolucionar en función de la incidencia de factores como los que se indican a continuación.

- Mercado de productos forestales. La mejor o peor salida al mercado de unos productos frente a otros puede ser un aspecto clave para decidir la proporción destinada a biomasa o a madera. Las ayudas públicas ya sea de subvenciones o primas al productor pueden ser decisivas para orientar la opción productiva a potenciar.
- Incendios y plagas. La afección de incendios o plagas severas puede suponer la necesidad de una corta prematura del vuelo, que por no alcanzar las dimensiones de madera o esta presentar daños de cierta consideración impidan su aprovechamiento por la industria de la madera. En cambio, el aprovechamiento energético de la totalidad de la masa mixta por fajas es perfectamente válido y casi no hay pérdidas de valor energético e incluso puede aumentar por la pérdida de humedad del material vegetal.
- Normativa del suelo. No es raro que se produzcan cambios en la planificación territorial que afecten a los usos y que puedan incidir en los sistemas de aprovechamiento o en la dificultad de realizar determinadas operaciones.
- Legislación sectorial. La legislación forestal y medioambiental, muy cambiantes en los últimos tiempos, pueden establecer restricciones de uso que afecten a la utilización y destino de las masas forestales.

- Criterios de la propiedad. La opinión de los propietarios puede cambiar y esta puede ser favorable o no a la utilización de la biomasa o de la madera. En el caso particular pero muy común de montes vecinales o baldíos pueden presentarse cambios importantes en la medida que cambian de personas las directivas y la opinión de los vecinos que deben ser tenidas en consideración en las directivas.

b) Aceptación social

La percepción del monte que tiene la sociedad responde a criterios muy asentados, difícilmente modificables. Por su cercanía a los sistemas tradicionales de manejo del monte, la implantación de sistemas mixto de producción de madera y biomasa tendría un bajo impacto. En esta línea, es preciso reseñar las siguientes consideraciones:

- En la región transfronteriza el suelo forestal se encuentra ocupado y aprovechado en su mayor parte por masas forestales de producción principal de madera, al menos, en las partes más productivas. La introducción de bosques de función energética en exclusiva supone un cambio importante en sus funciones y la alteración de los usos tradicionales del monte y puede, que por ese motivo, queden muy limitadas las posibilidades de cultivos energéticos y que sólo puedan plantearse en terrenos rasos sin producción de madera.
- El aprovechamiento mixto se hace más afín al tradicional, dado que se mantienen los cuidados culturales para producción de madera en parte de las fajas y puede integrarse en la planificación ya existente.
- El cambio de formación que introducen las fajas donde alterna una masa joven, espesa y dinámica con otra masa madura, aclarada y más estática, favorece la biodiversidad vegetal y de fauna, por tratarse de ecotonos o efectos borde muy frecuentes en poco espacio.

c) Interacciones positivas derivadas de la convivencia madera-biomasa

La convivencia de la madera y la biomasa en fajas se caracteriza por unos efectos de borde y competencia mutuos y muy acusados que deben estudiarse con precisión a fin de lograr los objetivos de producción deseados. A continuación se exponen las interacciones positivas que se pueden esperar y que conviene cuantificar o precisar con el seguimiento de las parcelas de ensayo.

Las fajas de biomasa se benefician de la alternancia con fajas de madera en los siguientes aspectos:

- Prevención de incendios forestales. Las fajas de aplicación energética tienen una acumulación muy alta de combustible a poca altura del suelo que supone un riesgo alto de propagación del fuego, por lo que resulta conveniente sacrificar algo de superficie productiva como cortafuegos o vías de acceso. Los sistemas mixtos por fajas son una buena oportunidad para romper la continuidad del combustible en las fajas de madera, donde sí se puede controlar el combustible con una selvicultura útil y



Preparación del terreno en Estás (Tomiño).

necesaria para la producción de madera y los espaciamientos del arbolado permiten el acceso de vehículos de la extinción.

- **Diseminación lateral.** La oportunidad de contar con una faja lateral de árboles de borde, de buena copa y gran capacidad de fructificación permite un sistema de regeneración de la faja de biomasa sin coste o con coste mínimo. Este sistema es de más interés para las especies con semilla alada como los pinos o el abedul.
- **Protección frente al viento.** La faja de biomasa resulta perjudicada por el asombramiento de la faja de madera sobre todo en el borde de la misma, en cambio, sale beneficiada de la protección contra el viento en la parte central que puede hacer crecer más a los árboles.
- **Reducción ramosidad/foliosidad.** El asombramiento de la faja de biomasa en el borde de la faja de madera supone una pérdida de producción de biomasa pero mejora la calidad de la misma al reducir la proporción de hojas respecto al tronco (foliosidad) y a la proporción de ramas respecto al tronco (ramosidad).

Las fajas de madera se benefician de la alternancia con fajas de biomasa en los siguientes aspectos:

- **Potenciación del crecimiento diametral.** La faja de madera con un efecto borde pronunciado durante gran parte del ciclo productivo tiene la posibilidad de desarrollar copas de gran diámetro que alimentan al tronco con un crecimiento diametral por encima de lo normal. Los mayores diámetros pueden incrementar el valor de la madera pero siempre que se aplique un riguroso calendario de podas que evite un engrosamiento excesivo de los nudos.
- **Mejora del rendimiento del aprovechamiento de restos.** El principal problema del aprovechamiento de restos de biomasa obtenidos en trabajos selvícolas o aprovechamientos de madera es la escasa cuantía del mismo, la dispersión y la dificultad de acceso. Algunas máquinas como las empacadoras o las astilladoras requieren de una cierta cantidad de combustible mínima para hacer viable el aprovechamiento, que compense llevar al sitio la maquinaria en una plataforma o góndola. En los sistemas mixtos por fajas, como los aprovechamientos de biomasa coinciden con

los de madera, puede mejorarse la accesibilidad y mecanización de la explotación, se acumula más producto y, en consecuencia, aumentan los rendimientos por unidad de producto.

2. Los cultivos energéticos

En la región transfronteriza, existen espacios rasos de montaña o de media montaña (>300 m), cimas o mesetas y áreas afectadas por incendios forestales en los que se puede recurrir a la forestación y el aprovechamiento de cultivos energéticos leñosos, es decir, terrenos dedicados a la producción exclusiva de biomasa para energía en ciclos cortos y alta densidad de plantas. Son zonas en las que empezar un ciclo con la introducción de un nuevo modelo de producción forestal exclusivamente energético podría tener una buena aceptación sin perturbar demasiado la actividad tradicional del monte.

En la región transfronteriza, las zonas altas o de media montaña con más posibilidades de implantación de cultivos energéticos forestales, son poco productivas en general por tener menos profundidad y calidad de suelo y por ser un clima más adverso (más frío y más viento). En estos sitios, el modelo tradicional de producción principal de madera tiene el inconveniente de que a los árboles les cuesta mucho alcanzar la altura y los diámetros mínimos necesarios para su aprovechamiento comercial. Al ser un suelo más somero y tener menos capacidad de retención de agua y nutrientes, es difícil que el árbol se desarrolle hasta alcanzar la talla comercial deseada. Además, existe el gran inconveniente de que estos sitios son los que tienen más frecuencia de incendios forestales y donde es más difícil controlarlos, por lo que es muy probable que se presente un incendio antes de lograr cerrar un ciclo productivo largo como el que exige el destino principal de madera industrial.

Los árboles para producción de biomasa en cultivos energéticos cuando entran en sazón, presentan una talla muy inferior a los destinados a madera, por lo cual suelos con baja capacidad productiva (menos profundidad, menos humedad, menos nutrientes) son suficientes para completar el ciclo sin desacelerar el crecimiento. En estas zonas menos productivas los ciclos cortos dan mejores rendimientos de biomasa vegetal que los ciclos largos.



Estado original de la parcela de Lanhelas (Caminha).

Las especies ensayadas como cultivos energéticos

En cuanto a las especies a utilizar en cultivos energéticos es preferible optar por aquellas que tengan un buen brote de cepa, de raíz o buena diseminación natural a una edad temprana para reducir al mínimo los costes de regeneración dada la alta densidad de plantas que se emplea. En segundo lugar, interesa que tengan un crecimiento en masa alto en las primeras edades y que sean productoras de una biomasa de calidad por su densidad energética, mayor proporción de leña, facilidad de cosecha y procesado y que las propiedades físico-químicas de las astillas resultantes sean lo más óptimas posibles para las calderas. Siempre que se pueda es de interés emplear las especies espontáneas del sitio. También cabe la posibilidad de manejar cultivos con más de una especie.

En la actualidad, en la región transfronteriza no existen explotaciones dedicadas a cultivos energéticos de carácter comercial. La falta de información sobre las especies y métodos más idóneos es patente. Por ello en el conjunto de áreas de ensayo y demostración que ha instalado Silvaplus se han dedicado dos de ellas a cultivos energéticos, una en Portugal y otra en Galicia. Cada una de ellas presenta una gran diversidad de especies, tanto locales como introducidas, buscando el contraste de producción en ciclos cortos y organizadas de manera que pueda analizarse con precisión cuáles son las soluciones viables para montes de las características comentadas.

Las especies leñosas utilizadas en los ensayos de cultivos energéticos han sido las siguientes: arce (*Acer pseudoplatanus*), madroño (*Arbutus unedo*), abedul (*Betula celtiberica*), fresno (*Fraxinus angustifolia*) y sauce (*Salix atrocinerea*). Entre los eucaliptos se ha elegido *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus dunii* y *Eucalyptus obliqua*.

También se ha establecido un cultivo demostrativo con *Cytisus striatus*, *Cytisus scoparius*, *Paulownia elongata* x *P. fortunei* (COT2) y otras especies en pequeña muestras.

3. Descripción de los ensayos

Muchos de los sistemas intensivos de producción de biomasa ensayados en otras regiones no son de fácil aplicación en la región de estudio del proyecto Silvaplus. Las características generales del territorio, la necesidad de utilización de terrenos forestales por falta de terrenos agrícolas libres o en desuso, la fragmentación de las parcelas y las especies a utilizar hacen difícil adoptar los modelos de ensayo de otras regiones. Entre las dos posibilidades de producir biomasa se ha efectuado un reparto de 5 áreas de ensayo de producción mixta madera-biomasa y 2 de de cultivos energéticos.

Las principales variables objeto de ensayo y análisis estadístico de los sistemas mixtos madera biomasa por fajas son las siguientes: especie (eucalipto o pino), opción productiva (madera o biomasa) y ancho de la faja (con dos alternativas para el caso de producción de madera, 10 y 20 metros y tres para la opción de producción biomasa, 10, 20 y 40 metros). Otras variables podrán ser estudiadas en paralelo desde un punto de vista comparativo-demostrativo como son los sistemas de regeneración, modelo de selvicultura, densidad de pies, orientación de las fajas, rendimientos de los trabajos, dimensiones de los productos, efecto del viento e interacciones o influencia lateral entre las fajas.

Las principales variables objeto de ensayo y análisis estadístico de los cultivos energéticos son la especie (3 eucaliptos y 5 frondosas) y la densidad de plantación (3.200, 1.600 y 800 pies/ha). Además, el ensayo servirá para testar sistemas de regeneración, riesgos de instalación, adaptación de especies a la estación, productividad, caracterización de biomasa y capacidad de regeneración. En el sur de Galicia y norte de Portugal se ha optado por especies con una buena capacidad de rebrote para reducir los costes de regeneración. Las frondosas son especies autóctonas, de las cuales una es un arbusto y cuatro son de porte arbóreo.

Para cada una de las áreas de ensayo, se diseñó un plan de selvicultura y aprovechamientos acorde para cada modelo tratando de lograr la máxima rentabilidad. Al finalizar cada ciclo productivo se evaluará el balance de ingresos y gastos para conocer el resultado económico y su viabilidad en comparación con los modelos tradicionales de producción de madera.

Los emplazamientos elegidos para el ensayo recogen la diversidad de características naturales que ofrece el territorio transfronterizo. Sitios de ensayo como el de Amorín, Estás y Lanhelas son próximos a la ribera del Miño, a cotas bajas inferiores a 150 m sobre el nivel del mar, con una temperatura media anual entre 14 y 15 °C y unas precipitaciones anuales medias que oscilan entre los 1.200 y 1.400 mm. Los dos primeros son de suelos aluviales algo pesados y el tercero de textura franca-arenosa por descomposición del granito. Áreas de ensayo como Riba de Mouro, Vale y Vilasobroso se encuentra a altitudes entre 350 y 470 m, con una temperatura media anual entre 13 y 15 °C y unas precipitaciones anuales medias que oscilan entre los 1.200 y 1.900 mm. Por último, figura el caso más extremo de Parada de Achas con una altitud de 750 a 815 m, una temperatura media anual entre 11 y 12 °C y unas precipitaciones anuales medias que pueden oscilar entre los 2.000 y 2.400 mm.

Área de ensayo y demostración de **Estás** (Tomiño)



Faja de madera de 15 años recién clareada en Estás, en donde se redujo la densidad de 6.000 pies por hectárea a 1.000.



Ejemplo de interpretación del código de ensayo: 1.5 a (1 código de área de ensayo, 1.5 código de parcela, 1.5 a código de subparcela o faja) **Coordenadas Elipsoide Intern. - Huso UTM 29N - Datum European 1950**

Tipo de ensayo	Producción mixta de biomasa y madera
Localización	Monte vecinal de Estás, Tomiño, Pontevedra
Especie	Pino del país, pino bravo (<i>Pinus pinaster</i>)
Superficie	5,3 ha

Las características físicas del sitio son:

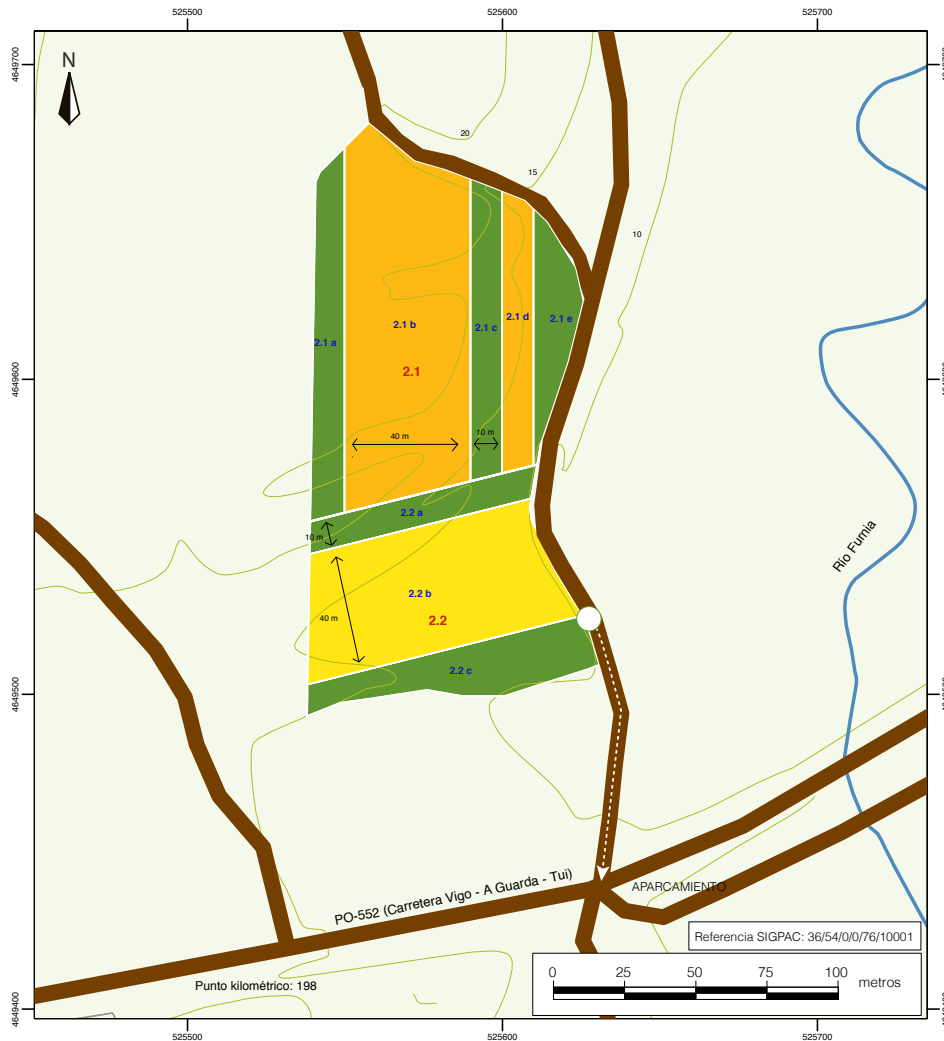
- Exposición: Suroeste
- Altitud: de 25 a 50 m
- Pendiente: terreno algo ondulado, con pendiente entre el 10 y el 20%
- Clase de suelo: depósitos aluviales
- Profundidad de suelo: más de 50 cm

El objetivo del ensayo es analizar las características de las fajas y métodos de regeneración más adecuados para la producción mixta de biomasa y madera con pino del país (*Pinus pinaster*).

Se han planteado distintas divisiones según el sistema de regeneración utilizado (diseminación natural, plantación y siembra) y el ancho de faja para los distintos destinos: madera o biomasa. La preparación del terreno se ha realizado por medio de subsolado lineal.

Los turnos de corta previstos son de 30 años para la producción de madera y 10 años para la de biomasa.

Área de ensayo y demostración de **Amorín** (Tomiño)



Ejemplo de interpretación del código de ensayo:
2.1 a (2 código de área de ensayo, 2.1 código de parcela, 2.1 a código de subparcela o faja)

Coordenadas Elipsoide Intern. - Huso UTM 29N - Datum European 1950



Preparación del terreno antes de la instalación de la parcela de Amorín.

Leyenda	
	Curvas de nivel
	Caminos
	Cursos de agua
	Entrada parcelas
Fajas de biomasa	
	Plantación junio 2013. Densidad 833 pies/ha
	Plantación junio 2013. Densidad 1666 pies/ha
Fajas de madera	
	Plantación junio 2013. Densidad 833 pies/ha

Tipo de ensayo	Producción mixta de biomasa y madera
Localización	Monte vecinal de Amorín, Tomiño, Pontevedra
Especie	Pino del país, pino bravo (<i>Pinus pinaster</i>)
Superficie	1,3 ha

El objetivo del ensayo es analizar las características de las fajas y métodos de regeneración más adecuados para la producción mixta de biomasa y madera con pino del país (*Pinus pinaster*).

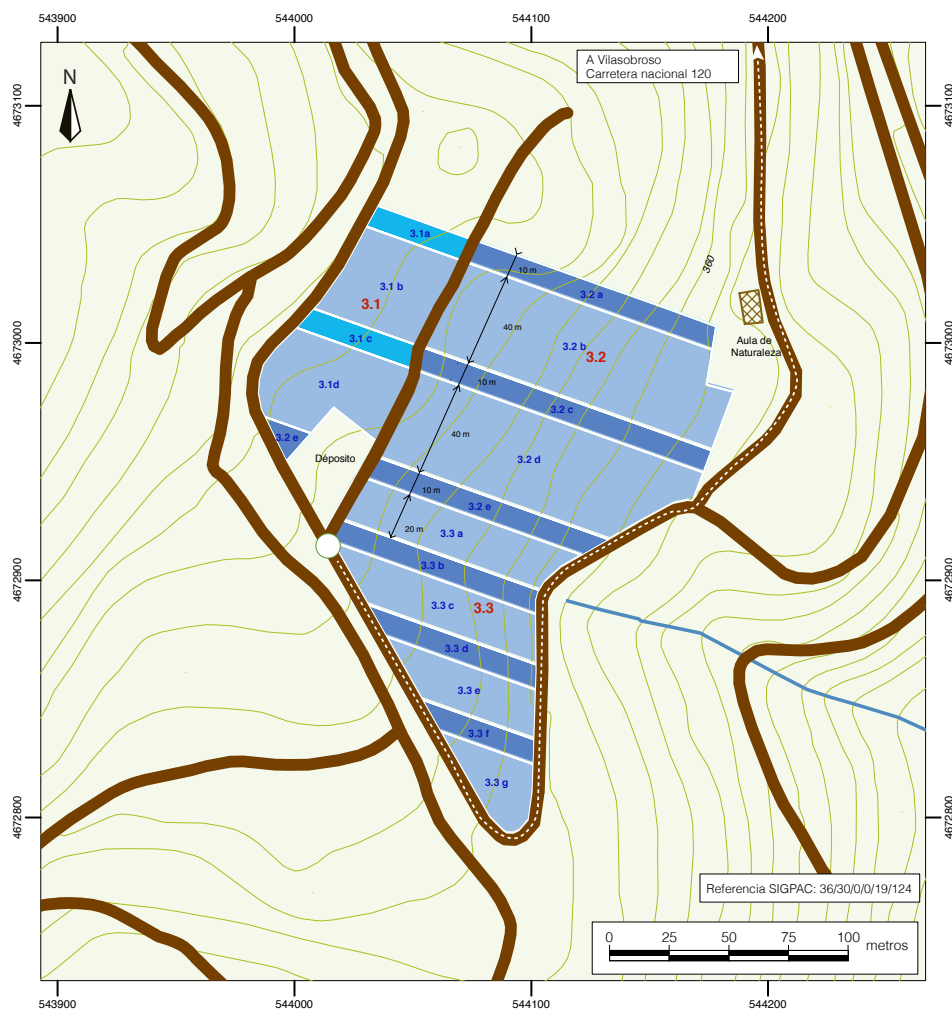
Se trata de repoblaciones por medio de ahoyado mecanizado en las que se ha efectuado divisiones en parcelas según la densidad de plantación y el ancho de faja para los distintos destinos: madera o biomasa. También se prueban los efectos del cambio de orientación en las fajas. Los turnos de corta previstos son de 30 años para la producción de

madera y 10 años para la de biomasa.

Las características físicas del sitio son:

- Exposición: a todos los vientos con predominio del Este
- Altitud: de 10 a 23 m
- Pendiente: terreno ondulado muy irregular con predominio de pendiente inferior al 20%
- Clase de suelo: depósitos aluviales alterados por excavaciones
- Profundidad de suelo: más de 30 cm

Área de ensayo y demostración de Vilasobroso (Mondariz)



Ejemplo de interpretación del código de ensayo:
3.1 a (3 código de área de ensayo, **3.1** código de parcela, **3.1 a** código de subparcela o faja)

Coordenadas Elipsoide Intern. - Huso UTM 29N - Datum European 1950



Cortas antes de la instalación de la parcela de Vilasobroso.



Tipo de ensayo	Producción mixta de biomasa y madera
Localización	Monte vecinal de Vilasobroso, Mondariz, Pontevedra
Especie	Eucalipto (<i>Eucalyptus globulus</i> y <i>Eucalyptus nitens</i>)
Superficie	2,6 ha

El objetivo del ensayo es analizar las características de las fajas más adecuadas para la producción mixta de biomasa y madera con eucalipto (*Eucalyptus globulus*).

Es un regenerado natural de eucalipto aprovechado por brote de cepa dividido en parcelas según el ancho de faja para los distintos destinos: madera o biomasa. En una proporción pequeña se ha sustituido

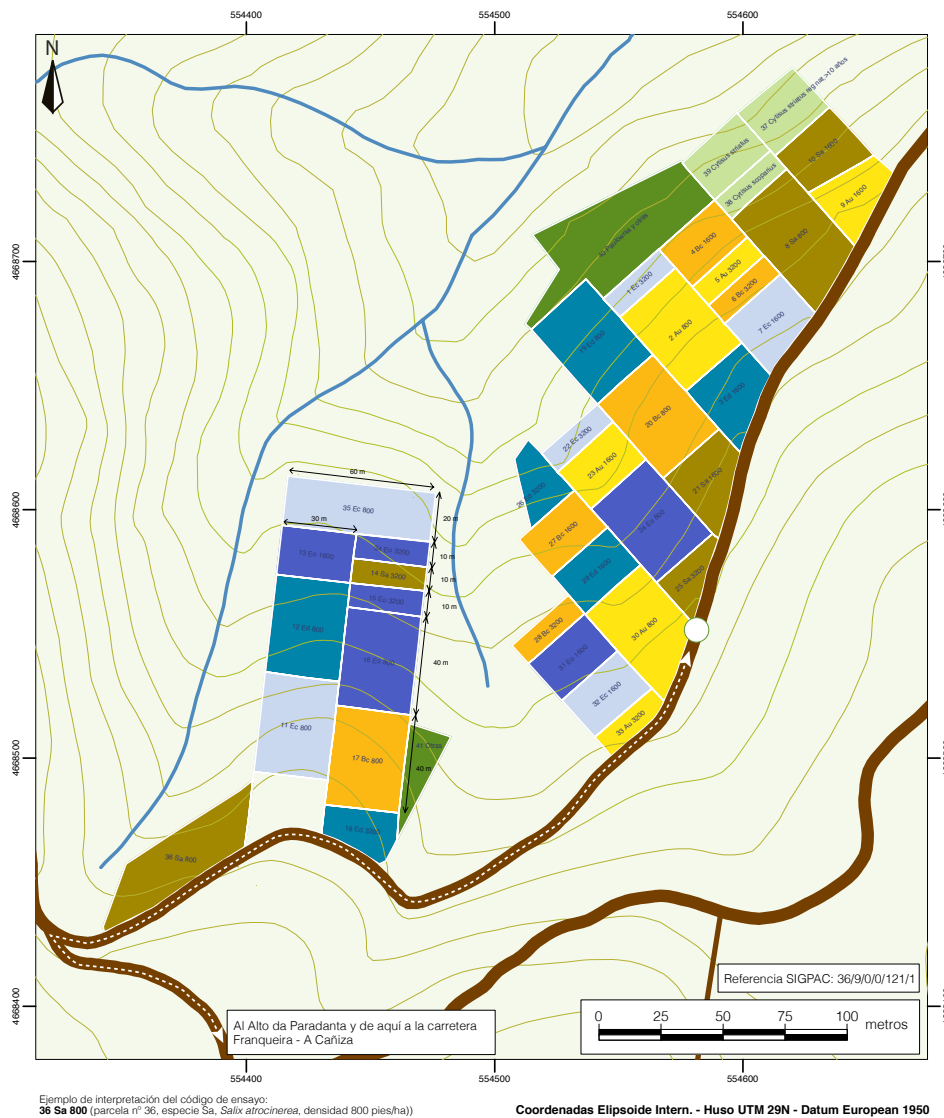
la regeneración de cepa por una plantación con la especie *Eucalyptus nitens*.

Los turnos de corta previstos son de 15 años para la producción de madera y 5 años para la de biomasa.

Las características físicas del sitio son:

- Exposición: Este
- Altitud: entre 350 y 395 m
- Pendiente: entre el 25 y el 50%
- Clase de suelo: ranker/pardo forestal sobre granitos
- Profundidad de suelo: más de 40 cm pero con abundantes afloramientos

Área de ensayo y demostración de Parada de Achas (A Cañiza)



Trabajos de plantación de abedul en Parada de Achas.



- Tipo de ensayo** Cultivos energéticos forestales
- Localización** Monte vecinal de Parada de Achas, A Cañiza, Pontevedra
- Superficie** 3,0 ha

El objetivo del ensayo es probar las aptitudes de distintas especies y las densidades de plantación más adecuadas para la producción de biomasa a partir de cultivos energéticos leñosos. Además se pretenden testar sistemas de regeneración, riesgos de instalación (ganado, fauna silvestre, sequía, etc.), adaptación de especies a la estación, productividad, caracterización de biomasa y capacidad de rebrote.

Se han plantado distintas especies para la producción de biomasa con diseño experimental: tres eucaliptos, *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus dunii*, *Eucalyptus obliqua*, madroño (*Arbutus unedo*), abedul (*Betula celtiberica*) y sauce (*Salix atrocinerea*). También se

ha establecido un cultivo demostrativo con *Cytisus striatus*, *Cytisus scoparius* (escoba o xesta), *Paulownia elongata* x *P. fortunei* (COT2) y otras especies en pequeñas muestras.

En esta parcela se pretende estudiar la producción en función de la especie y la densidad del cultivo, para lo que se han establecido tres densidades de plantación, 800, 1.600 y 3.200 pies por hectárea, con el fin de evaluar la especie y densidad más productiva, la capacidad de rebrote, el turno óptimo y el número de ciclos de corta.

Las características físicas del sitio son:

- Exposición: Noroeste
- Altitud: 750 a 815 m
- Pendiente: del 15 al 35%
- Profundidad de suelo: más de 30 cm
- Clase de suelo: ranker/pardo forestal sobre granitos

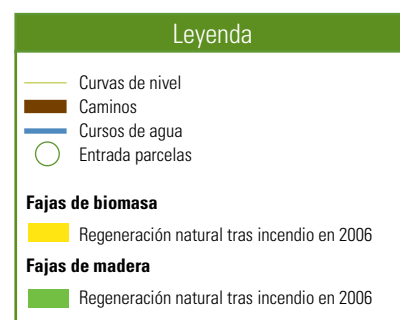
Área de ensayo y demostración de **Riba de Mouro** (Monção)



Ejemplo de interpretación del código de ensayo:
5.1 a (5 código de área de ensayo; 5.1 código de parcela; 5.1 a código de subparcela o faja)



Estado original de la parcela de Riba de Mouro.



Tipo de ensayo	Producción mixta de biomasa y madera
Localización	Baldío de Riba de Mouro, parroquia de Riba de Mouro, Monção, distrito de Viana do Castelo
Especie	Pino del país, pino bravo (<i>Pinus pinaster</i>)
Superficie	3,9 ha

El objetivo del ensayo es analizar las características de las fajas más adecuadas para la producción mixta de biomasa y madera con pino del país (*Pinus pinaster*).

Se parte de un regenerado natural en estado de latizal de 6 años, sin intervenciones anteriores, en el que se han planteado distintas divi-

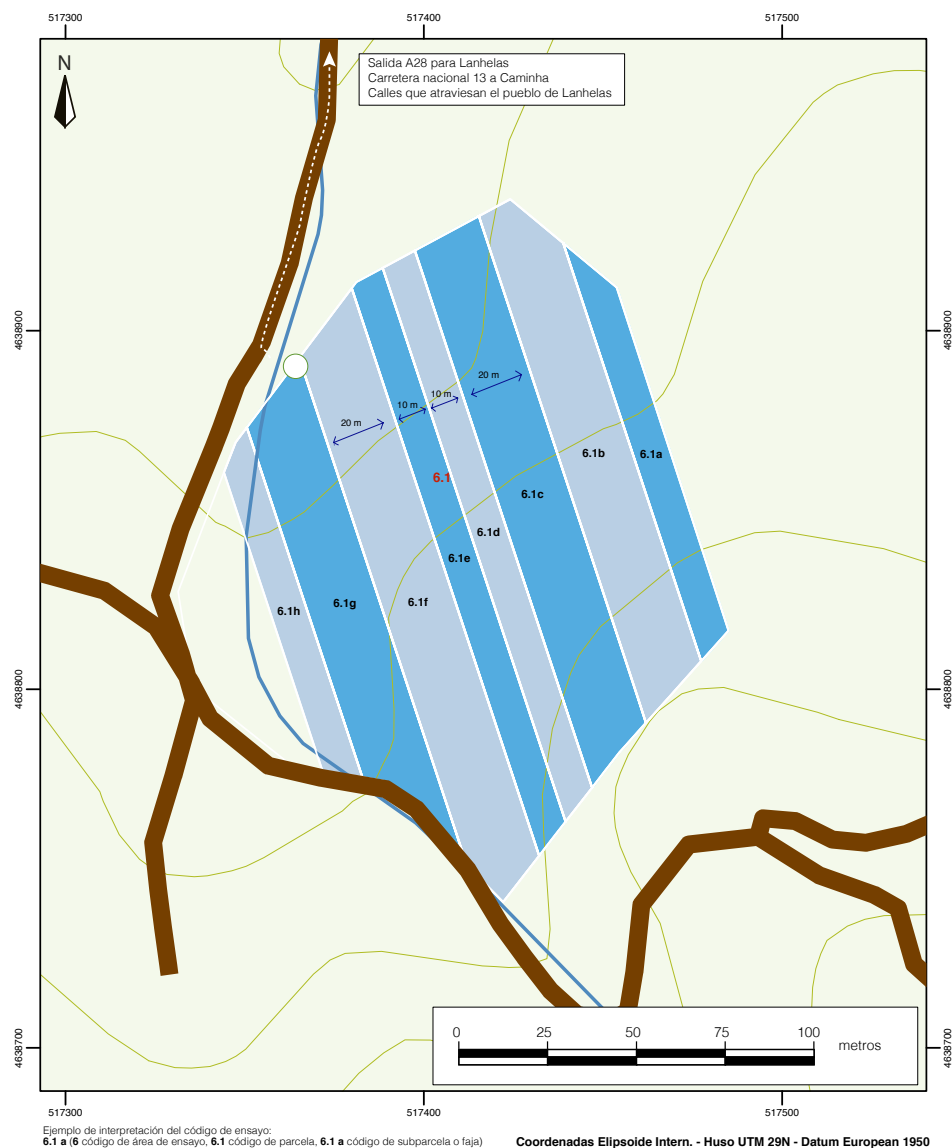
siones según el ancho de faja la densidad de pies para los distintos destinos: madera o biomasa.

Los turnos de corta se han establecido en 30 años para la producción de madera y 10 años para la de biomasa.

Las características físicas del sitio son:

- Exposición: principalmente Nordeste y algo de Suroeste
- Altitud: de 420 a 465 m
- Pendiente: terreno con pendiente entre el 15 y el 45%
- Clase de suelo: ranker/pardo forestal sobre granitos
- Profundidad de suelo: más de 40 cm

Área de ensayo y demostración de **Lanhelas** (Caminha)



Estado original de la parcela de Lanhelas.

Leyenda	
	Curvas de nivel
	Caminos
	Cursos de agua
	Entrada parcelas
Fajas de biomasa	
	Regeneración natural tras incendio en 2007 y corta en 2010. Regeneración natural de eucalipto de 6 años y rebrotes de cepa de 3 años
Fajas de madera	
	Regeneración natural tras incendio en 2007 y corta en 2010. Regeneración natural de eucalipto de 6 años y rebrotes de cepa de 3 años. Densidad de 600 árboles/ha

Tipo de ensayo	Producción mixta de biomasa y madera
Localización	Baldío de Lanhelas, parroquia de Lanhelas, Caminha, distrito de Viana do Castelo
Especie	Eucalipto (<i>Eucalyptus globulus</i>)
Superficie	1,7 ha

El objetivo del ensayo es analizar las características de las fajas más adecuadas para la producción mixta de biomasa y madera con eucalipto (*Eucalyptus globulus*).

Es un regenerado natural de eucalipto de chirpiales o brotes de cepa de 3 años de edad tras un incendio forestal ocurrido en el año 2007, que ha tenido una intervención general de selección de brotes en el

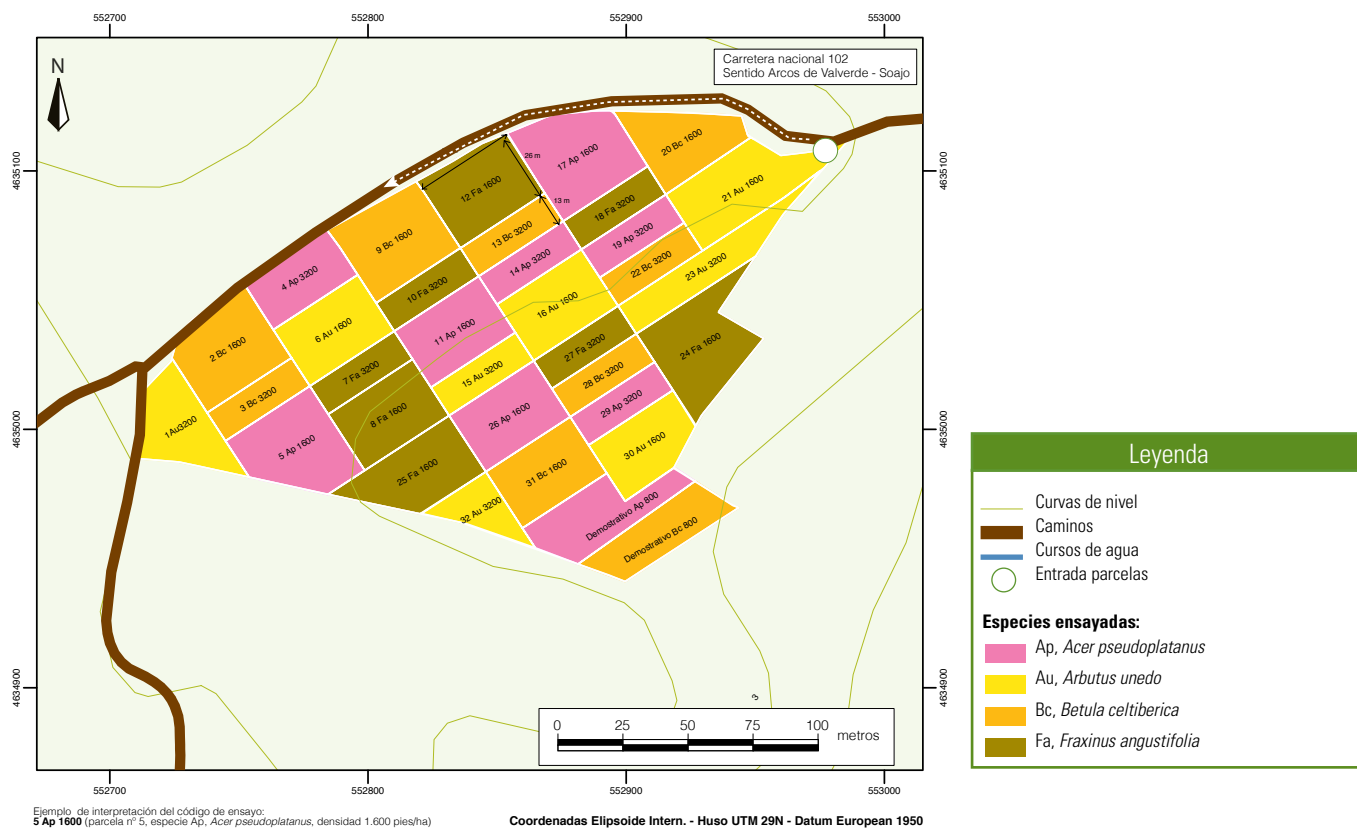
2010 y que a efectos del ensayo se ha dividido en parcelas según el ancho de faja para los distintos destinos: madera o biomasa.

Los turnos de corta se han establecido en 12 años para la producción de madera y 4-6 años para la de biomasa.

Las características físicas del sitio son:

- Exposición: Noroeste
- Altitud: entre 105 y 140 m
- Pendiente: entre el 20 y el 40%
- Clase de suelo: ranker/pardo forestal sobre granitos
- Profundidad de suelo: entre 20 y 40 cm

Área de ensayo y demostración de Vale (Arcos de Valdevez)



Tipo de ensayo Cultivos energéticos forestales
Localización Parroquia de Vale, Arcos de Valdevez, distrito de Viana do Castelo
Superficie 2,9 ha

El objetivo del ensayo es probar las aptitudes de distintas especies y las densidades de plantación más adecuadas para la producción de biomasa a partir de cultivos energéticos leñosos. Además se pretenden testar sistemas de regeneración, riesgos de instalación (ganado, fauna silvestre, sequía, etc.), adaptación de especies a la estación, productividad, caracterización de biomasa y capacidad de rebrote.

Se han plantado cuatro especies para la producción de biomasa con diseño experimental: arce (*Acer pseudoplatanus*), madroño (*Arbutus unedo*), abedul (*Betula celtiberica*) y fresno (*Fraxinus angustifolia*).

En esta parcela se pretende estudiar la producción en función de la especie y la densidad del cultivo, para lo que se han establecido dos densidades de plantación, 1.600 y 3.200 pies por hectárea, con el fin de evaluar la especie y densidad más productiva, la capacidad de rebrote, el turno óptimo y número de ciclos de corta.

Las características físicas del sitio son:

- Exposición: Sureste
- Altitud: 375 a 400 m
- Pendiente: del 10 al 30%
- Clase de suelo: ranker sobre granitos
- Profundidad de suelo: más de 40 cm

La formación en Silvaplus



Asistentes al seminario para técnicos forestales celebrado en Ponte de Lima el 15 de noviembre de 2013.

La formación y cualificación de los agentes, como instrumento de actualización o adquisición de conocimiento, es fundamental para el desarrollo adecuado de una actividad. En este sentido, el proyecto Silvaplus ha dado una especial relevancia a la formación de los agentes involucrados en el aprovechamiento de la biomasa forestal para fines energéticos y a la de los agentes relacionados con la utilización de biomasa para la producción de calor doméstico, industrial o redes de calor en una lógica de producción y consumo local. La formación ha sido complementada con otras acciones de comunicación y divulgación.

Dentro del proyecto Silvaplus se han realizado un total de nueve acciones de formación y divulgación. Las actividades formativas se han llevado a cabo en distintas localidades del Norte de Portugal y de Galicia y han estado dirigidas a diferentes colectivos interesados en la utilización de biomasa forestal con fines energéticos.

En la reunión de la Red de Cooperación de Silvaplus que se celebró en Ribadetea-Ponteareas en mayo de 2012, los diferentes agentes participantes identificaron los colectivos preferentes a los que irían dirigidos los cursos y actividades divulgativas y se definieron los temas básicos de los programas formativos. A partir de estos criterios básicos, los equipos de expertos elaboraron los contenidos formativos para cada colectivo y organizaron las actividades en colaboración con distintas organizaciones profesionales interesadas.

El programa de formación en Galicia

Dentro de la actividad de formación en Galicia se organizaron seis cursos específicos dirigidos a los siguientes colectivos: propietarios forestales y representantes de comunidades de montes vecinales; técnicos e instaladores de equipos de calefacción y agua caliente; ingenieros Industriales; técnicos y representantes de la Administración municipal y público en general.

Los cursos se celebraron entre los meses de noviembre de 2012 y mayo de 2013 y en ellos participaron un total de 306 personas. Como profesores han participado expertos y profesionales vinculados a las siguientes entidades y organizaciones:

- Asociación Autónoma Provincial de Instaladores de Fontanería, Calefacción, Gas, Climatización, Mantenimientos, Electricidad y afines de Pontevedra (FONCALOR).
- Asociación Forestal de Galicia
- Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Galicia
- Instituto Enerxético de Galicia (INEGA)
- Universidad de Vigo.

Contenidos de los cursos en Galicia

Los cursos han tenido una duración de entre tres y cuatro horas y una estructura en módulos cuyo contenido se adaptó al perfil pro-



Asistentes al curso de formación celebrado en Tomiño el 17 de noviembre de 2012 dirigido al público en general.

Acciones de formación desarrolladas en Galicia

Cursos	Público	Fecha	Lugar	Nº de participantes
Las posibilidades energéticas de la biomasa forestal en viviendas y edificaciones	General	17-11-2012	Tomiño	200
Las posibilidades energéticas de la biomasa forestal	Concejales, técnicos y empleados de los ayuntamientos	3-04-2013	Ponteareas	22
Las posibilidades energéticas de la biomasa forestal	Propietarios y gestores forestales	5-04-2013	Ponteareas	32
Las posibilidades energéticas de la biomasa forestal	Propietarios y gestores forestales	12-04-2013	Tomiño	24
Las posibilidades energéticas de la biomasa forestal	Ingenieros Industriales	11 y 18-04-2013	Santiago de Compostela	12
Las posibilidades energéticas de la biomasa forestal	Técnicos e instaladores de calderas	15 y 16-05-2013	Vigo	16

fesional de los diferentes colectivos. Los contenidos de los cursos se encuentran disponibles en CDs y también en la página web del proyecto Silvaplus.

En Galicia se impartieron cursos de seis módulos con el siguiente contenido:

El monte y la biomasa forestal. Abordó el origen y las características de la biomasa forestal (tanto la primaria como la secundaria), la procedencia y disponibilidad de biomasa forestal primaria en los montes gallegos y el proceso de su aprovechamiento. También se han tratado aspectos relacionados con el empleo inducido y las técnicas y costes asociados al aprovechamiento de la biomasa.

Características de los biocombustibles forestales. Este módulo se trataron las características físico, químicas y ambientales de la biomasa forestal. También ofrece una orientación sobre los precios de los distintos biocombustibles y su comparativa con otros combustibles.

Arquitectura bioclimática y eficiencia energética. En esta área se presentaron los diferentes componentes de una arquitectura de este tipo: entorno, gestión de residuos, accesibilidad, movilidad, transporte, eficiencia energética y mantenimiento.



Asistentes al curso formativo celebrado en Tomiño el 12 de abril de 2013, dirigido a propietarios forestales y representantes de comunidades de montes vecinales en mano común.



Asistentes al curso dirigido a técnicos e instaladores de calderas, celebrado en Vigo el 15 y 16 de mayo de 2013.



Curso de formación en Pontearreas o 5 de abril de 2013, dirigido a propietarios forestales y representantes de comunidades de montes vecinales en mano común.

Características de las instalaciones energéticas alimentadas con biomasa. Este módulo explicó las tipologías de los equipos energéticos la normativa de instalación de caldera y los requisitos básicos de diseño, dimensionado, potencia de las mismas. También se ofrece información sobre los costes de las instalaciones, los beneficios ambientales y el ahorro energético.

Logística y mantenimiento en instalaciones de biomasa. En este módulo se analizaron las posibilidades de silos y depósitos de almacenamiento de biomasa, la logística del suministro y el mantenimiento de los equipos.

Líneas públicas de ayudas y fomento del aprovechamiento de la biomasa. Apartado dedicado a informar sobre los beneficios y barreras que afectan al desarrollo de la biomasa, las aplicaciones energéticas con mayores perspectivas de futuro y las ayudas en Galicia a proyectos e instalaciones energéticas de aprovechamiento de biomasa

El programa de formación en Portugal

En Portugal en una primera fase, se analizaron las sensibilidades y necesidades de los agentes involucrados en la red de cooperación, fueron identificados los públicos prioritarios y se definieron los diferentes objetivos de cada una de las acciones programadas, desarrollando los respectivos contenidos programáticos.

Más allá de los diferentes objetivos identificados para cada tipo de público, todas las acciones formativas compartían el objetivo común de transmitir nociones generales sobre biomasa forestal, con el fin

Objetivos de las acciones de formación programadas en Portugal

Público	Objetivos
Propietarios y gestores forestales	Presentar nuevos modelos de gestión forestal que potencien la producción de biomasa forestal.
Técnicos forestales de las organizaciones forestales y otras entidades locales	Capacitar a los participantes con herramientas que permitan estimular y desarrollar soluciones adecuadas de apoyo a los propietarios y gestores forestales en el aprovechamiento de la biomasa forestal.
Potenciales dinamizadores y emprendedores en el ámbito de la utilización de biomasa forestal	Informar sobre los principales beneficios del aprovechamiento de la biomasa para fines energéticos a escala regional/local y presentar soluciones ajustadas a diferentes escalas de implementación y diferentes necesidades.
Prestadores de servicios forestales	Dar a conocer el mercado y la cadena de valor asociada a la biomasa. Presentar soluciones técnicas y buenas prácticas forestales para la correcta explotación y aprovechamiento de la biomasa para fines energéticos.
Ingenieros civiles y arquitectos	Apuntar soluciones técnicas de calefacción y uso de calor con biomasa para diferentes usos, edificios y escalas de adaptación, planeamiento y diseño de edificios, de acuerdo con diferentes escalas de aprovechamiento.

Acciones de formación desarrolladas en Portugal

Cursos	Público	Fecha	Lugar	Nº de participantes
Valorización de la biomasa forestal como fuente de energía	Propietarios y gestores forestales	10-05-2013	Valença	26
Dinamización del aprovechamiento y valorización de la biomasa forestal con fines energéticos	Técnicos	18-10-2013	Vila Real	18
Taller - Aprovechamiento de la biomasa forestal: Potencialidades y oportunidades de desarrollo local	Responsables y colaboradores de ayuntamientos y otros potenciales emprendedores	15-11-2013	Ponte de Lima	18



Participantes en la acción de formación dirigida a propietarios y gestores forestales, realizada en Valença el 10 de mayo de 2013.

de incrementar el conocimiento de los participantes y de aclarar algunos prejuicios sobre la biomasa.

La prioridad atribuida a los grupos depende del papel que les corresponde a cada uno de ellos en la cadena de valor de la biomasa, bien sea en la producción y procesamiento, en la concepción e implementación de soluciones técnicas de consumo, o en la promoción y dinamización de la propia cadena de valor.

Acciones realizadas

Forestis, conjuntamente con AREA Alto Minho y con la colaboración de las Asociaciones Forestales del Vale do Minho y del Lima, dinamizó acciones de formación y grupos de trabajo dirigidos a propietarios, prestadores de servicios, emprendedores y técnicos municipales.

Los contenidos de las acciones variaron en función del público al que iban dirigidas y según los objetivos propuestos, siendo comunes a todas las acciones temas como: tipos, procedencias y características de la biomasa forestal, el mercado de la biomasa (situación actual y perspectivas futuras) y, por último, pero no menos importante, la importancia del aprovechamiento de la biomasa forestal en la prevención de los incendios forestales.

I Muestra de biomasa forestal



Expositor con distintas clases de biomasa forestal.

Entre las actividades relevantes en el ámbito local del proyecto Silvaplus es preciso destacar la realización de trabajos para dinamizar el mercado de la biomasa forestal. Dentro de ellas, se ha inscrito la realización de la I Muestra de Biomasa Forestal, organizada por el Ayuntamiento de Tomiño, que ha pretendido divulgar y fomentar el aprovechamiento y utilización energética de la biomasa entre los ciudadanos, entidades gestores de montes, empresas e instituciones interesadas de la región transfronteriza.

Los objetivos principales de esta I Muestra han sido:

- Dar a conocer los biocombustibles forestales existentes en la región transfronteriza y su relación con la mejora de los bosques.
- Informar sobre el ahorro energético y la generación de empleo que induce la utilización de este tipo de biocombustibles.
- Promover la instalación de calderas que usen biomasa forestal.
- Dar visibilidad a los agentes involucrados en el sector de la biomasa a escala local, del sur de Galicia y del norte de Portugal.

Organización

El Ayuntamiento de Tomiño, socio del proyecto Silvaplus, ha sido el responsable de la organización y coordinación de la I Muestra de Biomasa Forestal, contando con la ayuda del equipo técnico de la Asociación Forestal de Galicia. También han colaborado las comunidades de montes vecinales del término de Tomiño y la Mancomunidad de Productores de Biomasa Forestal ENERXIL.

La Muestra se celebró los días 17 y 18 de noviembre de 2012. Se eligió un fin de semana para favorecer la participación del público general y el mes de noviembre por ser el más idóneo para despertar el interés por nuevos sistemas de calefacción al coincidir con el comienzo del invierno.

La Muestra se ubicó en el pabellón perteneciente al Ayuntamiento de Tomiño situado en el lugar de Goián. Durante los dos días de celebración se desarrollaron las siguientes actividades:

- Exposición de calderas, equipamientos, biocombustibles y servicios asociados dentro del recinto cerrado.
- Demostraciones al aire libre de astillado de troncos para obtención de astillas.
- Comunicación y difusión.

Paralelamente, el sábado 17 de noviembre, se celebró una jornada formativa y de divulgación, en el auditorio de Goián contiguo al pabellón en donde se celebró la Muestra.

Expositores

Los 17 expositores participantes representaban una amplia muestra de la cadena profesional de la biomasa forestal:

- Organizaciones de productores forestales
- Servicios técnicos forestales
- Entidades locales
- Suministradores de *pellets*



Demostración de astillado.



Público asistente a la Muestra de biomasa forestal.



Inauguración de la Muestra por la alcaldesa de Tomiño y el presidente de la Asociación Forestal de Galicia.

- Explotación forestal y operadores de biomasa
- Comercializadores de calderas e instaladores de calderas
- Viveros de planta forestal y comercializadores de maquinaria forestal.

Además de los *stands*, dentro del pabellón se pudo ver una astilladora móvil autónoma de 70 CV y una caldera de *pellets* en funcionamiento. En el exterior del recinto de exposición se dispuso un equipo de astillado de troncos con tractor, astilladora de 500 CV y contenedores, que realizaron durante el transcurso de la Muestra varias demostraciones de astillado ante el público asistente. También en el exterior se mostró un camión cisterna de 11 t para suministro de *pellets*.

Asistencia de público y procedencia

La Muestra fue inaugurada por la Alcaldesa de Tomiño, Sandra González Álvarez, y el presidente de la Asociación Forestal de Galicia,

Francisco Fernández de Ana Magán. Al acto asistieron alcaldes y concejales de varios ayuntamientos de la comarca (O Rosal, Salceda de Caselas, Pontearreas), representantes de la Universidad de Vigo, funcionarios del Distrito Forestal XVIII de la Xunta de Galicia y personal técnico de varias entidades locales, además de expositores y público general.

La asistencia a la exposición en el pabellón se estima en más de 1.500 personas, entre los dos días que estuvo abierta la Muestra y las demostraciones de maquinaria en el exterior.

Durante el sábado predominaron las visitas de profesionales y personas vinculadas al sector forestal, siendo notable el número de instaladores de fontanería y calderas que pasaron por la Muestra. Durante el domingo, la visita a los *stands* fue principalmente de familias y particulares procedentes de la comarca luso-gallega del Baixo Miño, interesados en las posibilidades de calefacción con biomasa.

Promoción y comunicación en Portugal



Presencia en Expoflorestal 2013.

En este apartado se describen las principales acciones de comunicación y promoción realizadas en ciertas comarcas de Portugal de interés para la promoción del proyecto Silvaplus y para el establecimiento de contactos con representantes del tejido empresarial y de instituciones relacionados con el aprovechamiento y valorización de la biomasa forestal.

El proyecto Silvaplus, que tiene su área de actuación en el norte de Portugal y sur de Galicia, traspasó el ámbito geográfico de estas regiones debido al elevado interés que despertó en ambos países. El proyecto fue presentado en ferias profesionales como la feria Bioenergía Portugal en Portalegre, la feria Expoflorestal 2013 en Albergaria-a-Velha, y en ferias agroforestales de elevada participación, como la Feria AGRO 2013 en Braga y la Feria Nacional de Agricultura de Santarém.

Forestis participó con un *stand* en Bioenergía Portugal en el que se explicó a los visitantes el aprovechamiento de la biomasa forestal. Además, expertos de Forestis participaron en la mesa redonda "Negocios en bioenergía: oportunidades para Portugal". De esta forma fue posible establecer contactos con otras entidades interesadas en la biomasa, lo que incidió positivamente en el aumento del número de participantes en la Red de Cooperación Silvaplus y también en la posibilidad de participar en otras actividades conjuntas de valorización de la biomasa.

La presencia en la Feria Nacional de Agricultura de Santarém facilitó contactos con un elevado número de entidades de diferentes ramas de actividad. Además de empresas de equipos energéticos, fue posible contactar con potenciales utilizadores de biomasa, en particular de la industria agroalimentaria, como son los productores de flores y huerta que necesitan energía para el calentamiento de sus invernaderos o empresas y particulares dedicados a la producción avícola. Forestis participó en dos ferias más: la feria AGRO 2013, principal evento dedicado a la agricultura en el norte de Portugal y en Expoflorestal 2013, feria específicamente relacionada con el sector forestal, en la que se tuvo la oportunidad de celebrar reuniones con propietarios forestales y agentes del sector tales como asociaciones de propietarios forestales, empresas de servicios, consultorías técnicas, empresas de venta de equipos y diversas organizaciones relacionadas con el sector.

La mayoría de las personas que visitaron el *stand* se interesaron en obtener información específica sobre el aprovechamiento de biomasa para energía y también mostraron interés por el desarrollo del proyecto Silvaplus.

Más allá de las acciones en las que socios del Silvaplus participaron de forma directa, y con la finalidad de abarcar más públicos y de tener una mayor cobertura geográfica, Forestis participó también en otras acciones de comunicación y divulgación de ámbito general



Presencia en Bioenergía Portugal 2013.



Presencia en la Feria de Agricultura de Santarém 2013.

organizadas por otras entidades. Dentro de estas es preciso resaltar la participación en el grupo de trabajo *El mercado de calor con biomasa. Vector de desarrollo económico* organizado por CBE (Centro de Biomasa para a Energia) en enero de 2013 y la participación en el *Debate regional Región de Leiria sostenible: desafíos y metas 2020* organizado por la Comunidade Intermunicipal Pinhal Litoral en mayo de 2013, en la que se hizo una presentación sobre proyectos de gestión y valorización forestal.

Seminario final del proyecto

El 5 de diciembre de 2013 se celebró en Viana do Castelo el Seminario internacional *Necesidades energéticas locales y recursos de los bosques*. Con este evento se pretendió divulgar los resultados del proyecto Silvaplus y promover una reflexión sobre la integración de la biomasa forestal como fuente primaria de energía renovable en las políticas y estrategias municipales de eficiencia energética. En este sentido, es preciso resaltar que la biomasa forestal es un recurso competitivo y abundante en las regiones del Alto Minho y sur de Galicia y que su utilización aporta ventajas en la valorización de los espacios forestales, en la disminución de riesgo de incendios forestales y en la creación de empleo.

El Seminario abordó tres temas importantes que influyen en la definición de estrategias locales para la energía: la biomasa forestal como fuente de energía local, la promoción del mercado de calor (soluciones técnicas y políticas) y las soluciones para la producción de biomasa forestal (gestión forestal y cultivos energéticos).

El Seminario se dirigió a expertos y profesionales interesados en el área de la eficiencia energética, del medio ambiente y del sector



A biomassa florestal na política energética local

Imagen del Seminario Silvaplus

forestal ya que estos son los temas que de forma integrada constituyen la base de las propuestas de soluciones energéticas locales y regionales que el Silvaplus recomienda como resultado del trabajo efectuado por el equipo de expertos del proyecto, junto con la colaboración de universidades, empresas y ayuntamientos.

En este evento intervienen un conjunto de entidades, personalidades y responsables políticos con capacidad de influencia en las medidas de política energética y de política forestal. Por ello, aún siendo un seminario que marcó el fin del proyecto Silvaplus ha sido a su vez un punto de partida para la construcción de una estrategia regional de energía basada en recursos endógenos y en la que la biomasa va a ocupar un lugar destacado.

Participación en ferias o eventos

Evento	Nº de visitantes del stand	Nº de personas con interés en Silvaplus	%
Agro2013	155	50	32
Expoflorestal	109	39	36
Bioenergía Portugal	62	57	92
Feira nacional de agricultura	189	173	92
TOTAL	515	319	62

Biomasa forestal, recurso de proximidad



Edificio con caldera de calefacción alimentada con biomasa.

A lo largo de la historia de la humanidad, la biomasa, principalmente la proveniente de las actividades agroforestales, fue siempre la principal fuente de energía para el calentamiento de la población bajo una lógica de utilización familiar a pequeña escala. Otras fuentes de energía, como por ejemplo el petróleo, los recursos hídricos y el gas, fueron entretanto utilizadas para dar respuesta a las necesidades de consumo de la sociedad actual.

En Portugal y en España, en un período más reciente, la biomasa forestal como fuente de energía pasó a tener otra dimensión y significado, permaneciendo asentada en modelos de utilización a gran escala, casi exclusivamente para producción de energía eléctrica en unidades de transformación de gran capacidad. Se dejó así en segundo plano la utilización de biomasa a pequeña escala para la producción de energía térmica destinada a calefacción o agua caliente en las viviendas. Otros países, en particular los del norte y del centro de Europa, con potencial forestal semejante a Portugal o a regiones como Galicia, y fruto de su necesidad de energía calorífica y de una estrategia local sostenible, continuaron desarrollando soluciones energéticas basadas en los recursos forestales, respondiendo así a las demandas y apostando por modernas tecnologías.

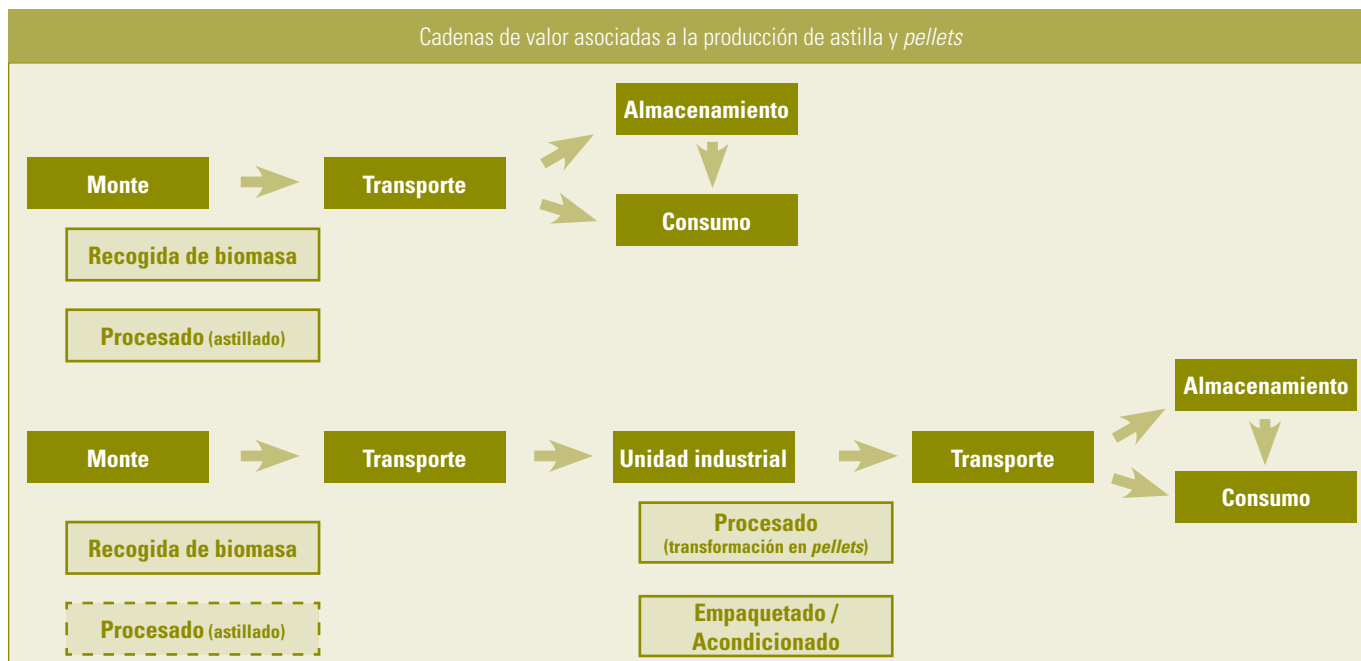
Al contrario de lo que ha sucedido en otros países y en regiones con una disponibilidad elevada de recursos forestales no se está

aprovechando debidamente todo el potencial de crecimiento y competitividad económica que el sector de la biomasa forestal puede generar a escala local y cuyo impacto deberá contribuir eficazmente a una mayor gestión forestal, fijación de la población y disminución del riesgo de incendio.

De hecho, las regiones en las que gran parte de su territorio está ocupado por espacios forestales asociados a un riesgo estructural de incendio elevado, como son el caso del Alto Miño y de Galicia, permanecen en los montes grandes volúmenes de biomasa residual sin viabilidad de explotación (por falta de oportunidades de valorización) que ponen en riesgo valores ambientales, sociales y económicos proporcionados por el bosque.

Como referencia, por cada hectárea de bosque que arde, se pierden entre 11 MWh y 54 MWh, energía suficiente para responder a las necesidades de calentamiento anual de cerca de 80 viviendas (como media, el consumo por año de energía para calefacción por vivienda es de 668 kWh)¹.

Una estrategia que dé preferencia a la utilización de la biomasa forestal y que contemple el menor número de intervenciones a lo largo de la cadena de valor, a través del uso de astilla a pequeña y mediana escala, podrá beneficiar a los productores forestales y a los consumidores, puesto que permite:



- Aumentar la demanda de biomasa forestal, potenciando el crecimiento socioeconómico y la valorización de los recursos locales.
- Aumentar las rentas de los propietarios forestales por el aprovechamiento de un producto de corta rotación, con baja complejidad de transformación y poco costosa.
- Inducir al aumento de la inversión en la gestión y defensa del bosque, disminuyendo el riesgo de incendio y aumentando la productividad.
- Incentivar la utilización de combustibles renovables y de producción local.

Los diferentes procesos de aprovechamiento de biomasa presentan necesidades y transformaciones distintas con incidencia en el precio final de los productos. La astilla presenta una cadena de valor asociada menos compleja que la producción de *pellets*, verificándose aproximadamente un coste por kWh producido de cerca de la mitad entre estos dos productos (astilla: 0,02 €/kWh; *pellets*: 0,04 €/kWh)². Con el objetivo de incentivar y potenciar las iniciativas públicas y privadas de aprovechamiento y utilización de la biomasa, el desarrollo de algunas áreas de trabajo para profundizar y adecuar el conocimiento debe ser considerado prioritario:

- Modelos de silvicultura que potencien la producción mixta de madera y biomasa.
- Adecuación y modelos de gestión de cultivos energéticos forestales.
- Logística y equipamientos de explotación y transformación de la biomasa adecuados a las condiciones locales.
- Calderas e instalaciones bioenergéticas adaptadas a las características de los territorios y de los objetivos de utilización.
- Formación adecuada a los diversos agentes que intervienen en los procesos (propietarios y gestores forestales, suministradores de servicios, instaladores de equipos, promotores y políticos, entre otros).
- Divulgación e información adecuada.

La estrategia a seguir deberá promover el uso de astilla para la producción de energía térmica, basada en un ciclo de producción de biomasa-consumo de proximidad. De esta forma será posible hacer viable la explotación de la biomasa forestal a escala local, estimular



Recogida y transporte de biomasa forestal.

la relación entre el productor y el consumidor y dinamizar la industria nacional de calderas, en el sentido de optimizar las técnicas de combustión de acuerdo con las características de la astilla proveniente de las plantaciones forestales de la región Galicia/Norte de Portugal. Tratándose de un proceso cuyos resultados dependen de las sinergias que potencian la correcta explotación y utilización de los recursos endógenos locales que dependen de diversas entidades, les corresponde a los ayuntamientos, a las agencias regionales de energía y a las comunidades intermunicipales, un papel de realce e impulso del desarrollo de este modelo de consumo energético, garantizando el bienestar de la población y el desarrollo sostenible de sus territorios.

1 Lousada; J., et al.: "Avaliação das propriedades termoquímicas de várias madeiras nacionais, exóticas e matos". UTAD/CITAB. Comunicación oral. Pontevedra, 21 de junio de 2010; Forestis – Associação Florestal de Portugal. Estudo da Sustentabilidade do Recurso Florestal. Concurso para atribuição de capacidade de injeção de potência elétrica na rede do SEP produzida em CTBF; Direcção Geral de Energia e Geologia - <http://www.dgge.pt>

2 Miriam Estefânia Rodrigues Fernandes Rabaçal. Universidade Técnica de Lisboa. Instituto superior técnico. "Influência das características do combustível no desempenho energético e ambiental de caldeiras domésticas".

Cultivos energéticos leñosos en la región transfronteriza Norte de Portugal-sur de Galicia



Eucalyptus globulus es interesante como cultivo energético aún en terrenos de baja calidad.

La denominación genérica de cultivo energético forestal hace referencia al conjunto de actividades que se realizan en los montes o terrenos forestales destinados como fin principal a la producción de biomasa para uso energético. Estos cultivos pueden ser leñosos, principalmente orientados a generar madera para combustión, o herbáceos, generalmente destinados a producir materia verde que será sometida a distintos procesos de transformación para extraer algún tipo de biocombustible.

El proyecto Silvaplus se ha centrado en los cultivos energéticos leñosos, y de entre las distintas alternativas se ha ocupado de los más apropiados para aprovechar terrenos forestales que presentan un bajo nivel de explotación o se encuentran abandonados dentro de la región transfronteriza de Galicia y Norte de Portugal. Se trata de cultivos de corta rotación, de los que se extraerá biomasa en ciclos inferiores a los diez años.

Las posibilidades de las coníferas

Los montes de coníferas, especialmente de *Pinus pinaster*, son muy frecuentes en la región transfronteriza y su manejo está muy orientado a la producción de madera por lo que la introducción de técnicas de cultivo energético requiere de información y de acciones de divulgación.

La utilización de coníferas para cultivos energéticos tiene aspectos positivos entre los que se pueden destacar:

- La madera es más blanda a efecto del astillado y reduce mucho los gastos en elementos de corte. Su astilla es más homogénea en forma.

- Ofrece un buen ratio de parte leñosa frente a parte foliar.
- Pudrición rápida de tocones y restos no aprovechables.
- El desprendimiento de hoja acicular es muy rápido, y un presecado en monte permite su separación y mejora de la calidad de la biomasa y reduce sensiblemente las pérdidas de fertilidad en los suelos forestales.
- La corteza es mucho más manejable y de mejor rendimiento que la de los eucaliptos.
- La composición química de la biomasa es favorable para reducir los daños por corrosión en las calderas.

Como desventajas se pueden citar:

- La falta de rebrote de cepa en la casi totalidad de especies.
- Reducida densidad energética en general.
- El largo ciclo de producción frente a otras especies.

Como especie de más interés para la región transfronteriza se elige indiscutiblemente el pino del país (*Pinus pinaster*), por su buen crecimiento, excelente regeneración por diseminación natural y el arraigo tradicional en la región. Otras coníferas también pueden resultar de interés. En terrenos de buena profundidad y fertilidad se puede emplear *Sequoia sempervirens*, por su buen crecimiento y capacidad de rebrote de cepa.

La plasticidad y economía de los eucaliptos

Los eucaliptos en general son las especies arbóreas de más productividad de biomasa de los que habitualmente se utilizan en la región. Presentan un crecimiento muy rápido, un poder calorífico volumétrico alto, son poco exigentes en fertilidad y humedad y las especies más productivas se adaptan perfectamente al clima marítimo y poco continental que predomina en la región. Se presentan como las especies de mayor interés para cultivos energéticos en los montes o en tierras de abandono de la ganadería extensiva, incluso de baja productividad maderable.

Entre las posibles especies de eucalipto con más vocación para cultivos energéticos en la región es necesario centrarse en aquellas que ocupan extensiones significativas en el territorio o que se han probado en ciertos rodales dispersos con buenos resultados en producción, adaptación a la estación forestal y en la regeneración. Destaca *Eucalyptus globulus* cuando se utilice en zonas costeras y suelos de calidad media o alta, puede ser el más interesante por el buen crecimiento, mayor producción leñosa y el extraordinario brote de cepa que reduce considerablemente los costes de regeneración del cultivo. Supone un importante obstáculo la afeción de las plagas y enfermedades, en particular el ataque del defoliador goniptero.



Cytisus striatus, con una excelente regeneración, puede resultar interesante como cultivo energético.

En zonas de montaña, se puede indicar *Eucalyptus nitens*, de buen crecimiento, aceptada por los selvicultores y con abundante producción de planta en los viveros forestales. Tiene el inconveniente que presenta un mal brote de cepa y exige regeneración artificial por plantación. Por el tamaño diminuto de la semilla y su elevado coste no parece viable la sustitución del sistema de siembra por el de plantación.

Existen otras especies, que a pesar de no ser frecuente su venta en los viveros forestales o cuya producción es escasa, pueden resultar de interés para la aplicación en cultivos energéticos. *Eucalyptus obliqua* es más resistente a las heladas que *E. globulus*, brota bien de cepa y aguanta mejor el crecimiento en las espesuras altas de los cultivos energéticos. Las especies *viminalis* y *macarthurii*, muy utilizadas en la región en décadas pasadas por su resistencia a las heladas, tienen una gran capacidad de regeneración de cepa que también las hace atractivas para el uso en los cultivos energéticos. Otra especie de buen crecimiento, buen brote de cepa y resistencia al frío es *Eucalyptus camaldulensis*.

Otras especies de eucalipto presentan buenos crecimientos pero problemas de regeneración. *Eucalyptus regnans* regenera con dificultad de semilla y también tiene un mal brote de cepa. *Eucalyptus delegatensis* es idóneo en zonas de montañas por su resistencia al frío y a las heladas, sin embargo, regenera mal de cepa y la semilla necesita de un tratamiento específico para vencer el letargo.

Las ventajas de los cultivos de eucalipto, eligiendo la especie adecuada a la estación, son los ciclos cortos de rotación, su buena adaptación a suelos de cualquier calidad y su alta productividad en materia leñosa.

Las exigencias de las frondosas caducifolias

Existen varias especies de frondosas de diferentes géneros que pueden ser de interés para cultivos energéticos en algunas zonas forestales singulares, en terrenos agrícolas o de transición agrícola-forestal y en terrenos de vega del tramo bajo de los grandes ríos, de poca pendiente y donde tengan asegurado un suministro subterráneo de agua en la época de sequía. No obstante, la mayor parte de terrenos aptos para este tipo de cultivos energéticos se encuentran ocupados por cultivos agrícolas, por bosques de ribera de interés maderable y por núcleos de población.

Las frondosas presentan una amplitud grande de las distintas características de la biomasa, pero tienen en común la capacidad y velocidad del rebrote. En general son mucho más exigentes en calidad de estación y en reposición de nutrientes que los pinos y los eucaliptos.

Se puede hacer una diferenciación en tres grupos:

- Especies para terrenos con capa freática profunda y con suficiente aireación en la parte alta del suelo, normalmente en terrenos aluviales con un sustrato de depósitos terciarios o cuaternarios. Entran en esta categoría especies pertenecientes a los géneros *Populus*, *Paulownia*, *Liquidambar*, *Liriodendron*, *Ulmus*, *Platanus*, *Fraxinus*, *Acer*, *Robinia*, etc.; unas con mayores exigencias de humedad que otras y con distintas facilidades de regeneración del brote de cepa.
- Especies para terrenos en que el encharcamiento aflora a la superficie durante gran parte del año y no existe una buena oxigenación del suelo en los periodos de crecimiento primaveral, normalmente terrenos llanos con deficiente escorrentía subterránea. Se cuenta con la posibilidad de especies como: *Salix*, *Alnus* y *Betula*.
- Por último, en terrenos de laderas con ciertas limitaciones de humedad durante el estiaje, se puede recurrir a *Quercus robur*, *Quercus pyrenaica* y *Betula celtiberica*, aunque hay que contar con crecimientos más bien lentos.

Los matorrales leñosos

Algunos matorrales o arbustos de la región transfronteriza de porte alto y una proporción alta de materia leñosa pueden ser de interés como cultivos energéticos: escobas altas (*xestas*), madroño, tojo, perales silvestres, etc.

En particular, las especies *Cytisus striatus* y *Cytisus scoparius* son leguminosas arbustivas espontáneas, muy comunes en los montes de la zona, poco exigentes en fertilidad y en humedad, aunque requieren suelos sueltos y bien aireados. Tienen una gran capacidad de regeneración por diseminación natural. Esta condición la hace atractiva como cultivo energético, por disponer de un banco de semillas en el suelo dispuesto a la germinación después de un aprovechamiento y sin coste. Como leguminosa es fijadora de nitrógeno en los suelos.

Estructuras de madera para parques de biomasa

Entre las actuaciones previstas en el proyecto Silvaplus se contemplaba el análisis y puesta en práctica de sistemas logísticos de apoyo a la biomasa adaptados a los montes y a las características socioeconómicas del entorno. Dentro de estas actuaciones se ha contemplado el diseño de prototipos de parques de acopio de biomasa con estructuras y elementos constructivos de madera local.

Los parques de biomasa, generalmente situados en áreas forestales y también en centros de consumo, deben ser concebidos para regular el abastecimiento y para permitir el oreado natural de la biomasa que haga posible ofrecer al mercado biocombustibles con humedades ajustadas a las características de los centros consumidores.

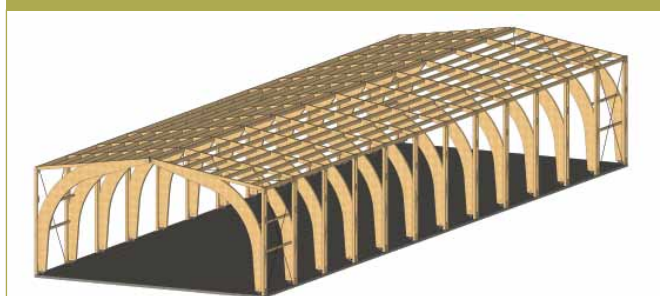
Dentro del proyecto Silvaplus se han elaborado tres alternativas de estructuras de madera capaces de servir de almacén de biomasa facilitando el secado natural del material. Para ello, se ha considerado que cada prototipo debe responder a una producción media, planteando un espacio inicial de superficie bajo cubierta de unos 30x40 m. En todas las alternativas se utiliza madera de *Pinus pinaster* Ait. spp. atlántica por tratarse de una especie autóctona de Galicia y Portugal con buenas propiedades estructurales.

Alternativas de diseño

Se han buscado tres alternativas estructurales en madera para la discusión de diseño óptimo. La primera ha sido una nave de madera laminada convencional. La segunda una solución en celosía como alternativa tradicional y la tercera una solución modular con un enfoque de prefabricación y por tanto de uso más universal buscando la optimización técnica y de servicio a cualquier centro de biomasa con independencia de su alcance o tamaño.

Ya de manera concreta, la primera alternativa (A) consiste en una nave a dos aguas formada por pórticos triarticulados. Cada pórtico se conforma por dos piezas curvas de madera laminada encolada unidas en la clave mediante rótula y fijadas al suelo con apoyos articulados. En los laterales de la nave se sitúan montantes verticales sobre los que apoya el sistema de cubierta para mantener constante la pendiente de los faldones.

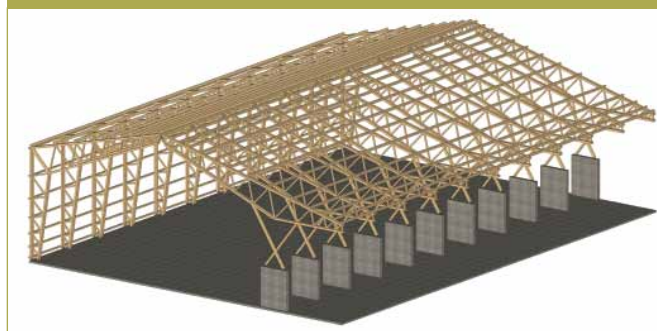
Alternativa A. Diseño general



Si fuese necesario ampliar la superficie cubierta por requerimientos de producción, esta disposición constructiva permite una ampliación unidireccional mediante la incorporación de nuevos pórticos en la dirección longitudinal de la nave.

La segunda alternativa (B) consiste en una nave formada por un sistema reticular. La estructura describe un espacio asimétrico donde una de las mitades está formada por medio pórtico en celosía que arranca desde el suelo mediante un apoyo articulado. La otra mitad se resuelve con una viga en celosía que apoya en dos pilares de madera cruzados que a su vez descansan en un murete de hormigón también con apoyos articulados.

Alternativa B. Diseño general



Esta disposición constructiva permite una ampliación unidireccional en la dirección longitudinal de la nave.

La tercera alternativa (C) consiste en una estructura de carácter modular. Parte de un módulo inicial compuesto por un pilar central del que surgen 8 semiarcos dando lugar a un porte aparasolado con cubierta invertida. Los semiarcos trabajan comprimidos y están atirantados mediante piezas que arrancan del pilar central. La colocación sucesiva de varios módulos permite obtener la superficie cubierta requerida.

Alternativa C. Diseño general





Maqueta de módulo de la alternativa C.

Esta disposición constructiva permite la ampliación de la superficie cubierta en la dirección longitudinal de la nave y en la dirección transversal y ampliación bidireccional, simplemente mediante la incorporación de nuevos módulos.

Una vez analizadas todas las alternativas con el mismo nivel de detalle y habiendo realizado un presupuesto estimativo del montaje de su estructura, es posible compararlas de modo objetivo para determinar cuál de ellas es la que mejor se adapta a los requerimientos del estudio. Para ello, se ha construido una matriz de decisión y se establecen los criterios de decisión que deberán contemplar, de un modo sencillo pero eficaz, todas las variables que se consideran importantes.

Criterios de decisión	Pesos	Alternativas		
		A	B	C
Adaptabilidad	0,2	25%	25%	50%
Crecimiento	0,2	25%	25%	50%
Coste	0,4	35%	32%	33%
Singularidad	0,1	20%	30%	50%
Impacto	0,1	30%	20%	50%

El grado de adaptación al proyecto (GAP) es un valor porcentual que se calcula multiplicando el peso de cada criterio por el grado de cumplimiento de la alternativa en estudio sumando finalmente los valores obtenidos. La alternativa más adecuada será aquella que presente un GAP más elevado. De este modo se tiene:

$$\text{Alternativa A: GAP (\%)} = 0,2 \cdot 25 + 0,2 \cdot 25 + 0,4 \cdot 35 + 0,1 \cdot 20 + 0,1 \cdot 30 = 29\%$$

$$\text{Alternativa B: GAP (\%)} = 0,2 \cdot 25 + 0,2 \cdot 25 + 0,4 \cdot 32 + 0,1 \cdot 30 + 0,1 \cdot 20 = 28\%$$

$$\text{Alternativa C: GAP (\%)} = 0,2 \cdot 50 + 0,2 \cdot 50 + 0,4 \cdot 33 + 0,1 \cdot 50 + 0,1 \cdot 50 = \mathbf{43\%}$$

Las conclusiones del análisis revelan que la Alternativa C es la que presenta un mayor grado de adaptación al proyecto (GAP).

Planteada la solución C como alternativa de mayor GAP se detalla a continuación el proyecto elegido de manera más específica.

Alcance de la propuesta final

Originalidad: Se trata de un diseño especial modular y universal para cualquier necesidad que se sale de la clásica solución porticada.

Versatilidad: Su capacidad de crecimiento en planta en dos direcciones permite diseños específicos incluso fuera del alcance de una geometría rectangular clásica, pudiendo hacer configuraciones con otras geometrías en planta.

Integración paisajística: Su diseño en forma bosque de árboles genera una integración en el paisaje adaptada a cualquier punto de implantación.

Sostenibilidad: El uso en casi la totalidad de la estructura de madera de *Pinus pinaster* lo convierte en un sumidero de CO₂ y además con uso requerido de madera certificada con lo que cumple con los criterios medioambientales propios de las exigencias actuales.

Imagen corporativa: Una planta de estas características se convertirá en un referente por el calado que tenga como imagen corporativa, asociando claramente sus instalaciones con la actividad forestal que desarrolla.

Prefabricación: Los elementos principales vienen realizados por empresas de madera laminada encolada con el cumplimiento de toda la normativa europea vigente y por tanto con mínimo tiempo de montaje y máximo nivel de prefabricación.

Seguridad: Estructura calculada con los preceptos de Seguridad Estructural que exige el Código Técnico de la Edificación Español y los Eurocódigos Estructurales para su implantación también en otros países de Europa que se acogen a esta normativa.

Diseño: Todos los elementos se han concebido con una protección por diseño en aras a su durabilidad como solución estructural con madera.

Coste: El gasto es similar a otras edificaciones que resuelvan el mismo problema con madera estructural.

Datos técnicos

Cada módulo sostiene una cubierta de 10x10 m dando lugar a una superficie cubierta de 100 m². El prototipo consta de 12 módulos por lo que la superficie cubierta total es de 1.200 m². El apoyo de cada módulo se resuelve con un pilar mixto que se forma mediante un perfil de sección cuadrada de acero de 580 milímetros de lado. Sobre las caras del pilar se sueldan 4 chapas también de acero unidas mediante pasadores con 4 pilares de madera colocados en la parte externa de sección 200 x 240 que contribuyen a aumentar la inercia del pilar. La altura libre máxima es de 8,80 m y la pendiente media de los faldones es de 16,5°.

De la parte superior del pilar arrancan un total de 8 arcos de madera de canto variable de 640 milímetros en la base hasta 200 milímetros en el extremo, y con un ancho constante de 200 milímetros. Los arcos se atirantan mediante elementos de madera que arrancan del propio pilar central y se unen a los arcos cerca de sus extremos. Estos tirantes presentan una sección constante de 160 x 160 milímetros.

El sistema de cubierta apoya directamente sobre unas correas 100 x 200 milímetros con un intereje de 525 milímetros las cuales van atornilladas con dos tirafondos cruzados en cada extremo de las mismas. La cubrición se realiza mediante tableros OSB 3 de 19 milímetros de espesor sobre los que se coloca una chapa de zinc de 0,7 mm de espesor. Para garantizar la durabilidad del tablero, se intercala entre este y la chapa de zinc una lámina impermeabilizante transpirable.

Los tirantes son de madera aserrada de *Pinus pinaster* de clase resistente C24. Los pilares de madera del pilar mixto acero-madera, los arcos y las correas son de madera laminada encolada de *Pinus pinaster* de clase resistente GL24h. Todas las uniones se ejecutan con acero S-275 JR galvanizado de espesor 10 mm.

Edificaciones eficientes. Descripción de tres edificios en Galicia



Vista general de la guardería municipal de Sanxenxo, en ella se utiliza biomasa como combustible para la calefacción.

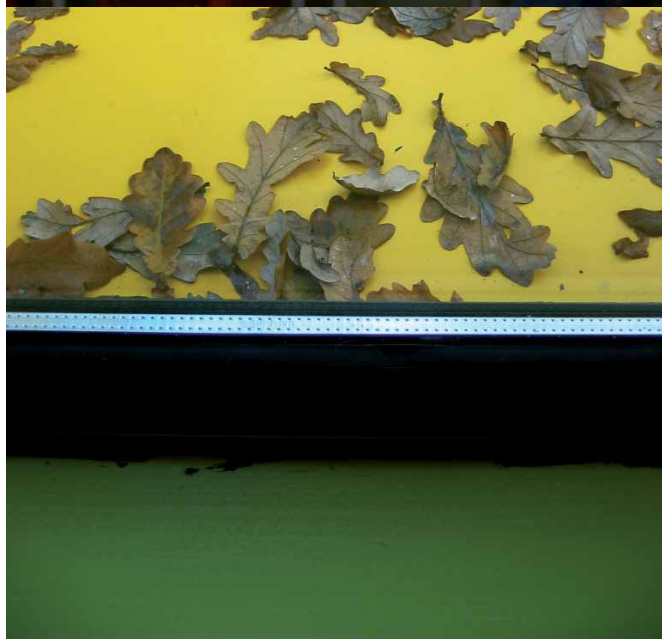
Uno de los principales objetivos del proyecto Silvaplus se centra en la promoción de las instalaciones energéticas a partir de biomasa. Tanto en el norte de Portugal como en Galicia, la población en el medio rural se encuentra muy dispersa en el territorio y habita pequeños núcleos en áreas de montaña muchas veces alejadas de los entornos urbanos. Las instalaciones energéticas, individualizadas o en pequeñas redes de calor que utilizan astilla o pellet, reúnen las condiciones idóneas para satisfacer las demandas de calor en el medio rural. La suma de condiciones de habitabilidad basadas en criterios de eficiencia energética y la dotación de calderas de biomasa constituyen hoy una solución moderna, económica y eficiente para cubrir esta demanda, abaratar costes de calefacción y agua caliente y disminuir el consumo de combustibles fósiles.

A continuación se describen una serie de obras en las que la biomasa desempeña un papel fundamental. En las bases de la eficiencia energética no cabe discernir en un edificio las medidas pasivas por una parte y las activas por otra. El tándem envolvente –instalaciones tiene que funcionar de manera similar al cuerpo humano en el que

se produce el equilibrio a través del comportamiento sincronizado de todos los órganos.

Vivienda en Pontecaldelas

La primera caldera de biomasa colocada por el autor fue en una casa en Pontecaldelas. Los propietarios eran personas sensibilizadas con el medio ambiente y la propuesta de colocar como generador térmico una caldera de 20 kW encajó desde el principio. La máquina es alimentada desde un silo textil a través de un tornillo sinfín. Tres circuitos de suelo radiante parten desde el cuarto de instalaciones. Los aislantes de 100 mm en la cubierta y planchas de corcho en la cámara de las paredes permiten que las medidas activas y pasivas encajen a la perfección. La transmitancia térmica de la cubierta es de 0,22 vatios por metro cuadrado y grado Kelvin, esto supone la mitad de lo estipulado en el Código Técnico de la Edificación para nuestra zona C1, siempre caminando hacia la vivienda NZEB (Near Zero Energy Building) edificios de consumo de energía casi nulo estipulados en la Directiva Europea 2010/31 y de obligado cumplimiento hacia el año 2020.



Detalles de la guardería de la Universidad de Vigo en Pontevedra, edificio de alta eficiencia energética (calificación energética "A").

Guardería en Pontevedra

En Pontevedra, la guardería de la Universidad de Vigo concedió la oportunidad de realizar un edificio de alta eficiencia energética con la máxima calificación "A". Esto fue posible gracias a un análisis pormenorizado en la fase de proyecto de la que surgieron las medidas pasivas con aislantes de espesor elevado y medidas activas con una caldera de biomasa de 60 kW, depósito de inercia y suelo radiante, el silo en este caso es de obra, subterráneo e impermeabilizado al exterior, dentro del mismo un agitador se encarga del suministro de los pellets en la ranura de alimentación para que un tornillo sinfín alimente el plato de combustión. A mayores se instaló un recuperador de calor y paneles solares térmicos en la cubierta.



Vivienda en Pontecaldelas con calefacción de biomasa.



Caldera en la guardería municipal de Sanxenxo.

Guardería en Sanxenxo

El Ayuntamiento de Sanxenxo permitió repetir la experiencia colocando una caldera de similares características y unos tubos de vacío solares térmicos para agua caliente sanitaria. Se trata de otra guardería infantil y hay que reconocer que este tipo de obras potencian la convicción de que esta forma de construir ayudará a dejarles a los niños un mundo mejor. Por otra parte la entrada de los niños el primer día de clase hace pensar que si crecen y se educan en un entorno sostenible es más que probable que serán fuertes a la hora de defender el día de mañana el medio ambiente.

En todos estos casos ha sido imprescindible el apoyo de entidades públicas y privadas con un alto grado de sensibilidad y conscientes del enorme potencial de la biomasa en Galicia.

Edificaciones eficientes.

Descripción de un edificio en Portugal



Vista del exterior de la piscina pública de Alcácer do Sal.

El encarecimiento de los combustibles fósiles hace que cada vez sea más frecuente y justificada la adopción de soluciones que permitan reducir costes energéticos y mantener los niveles de confort y funcionalidad de los edificios u otras infraestructuras. Esta motivación, asociada a una creciente concienciación ambiental, ha originado un mayor interés por la utilización de energías locales y renovables, como es el caso de la biomasa de origen forestal, cuya utilización ha aumentado para calefacción y agua caliente sanitaria de casas y edificios públicos. También se ha constatado un significativo aumento en otras infraestructuras públicas de ocio, como es el caso de piscinas y pabellones deportivos, o como respuesta a necesidades industriales (como por ejemplo la calefacción de invernaderos).

El aumento de la demanda ha permitido una rápida evolución de los equipamientos para estos fines y de su adaptación a las más diversas situaciones y necesidades, contribuyendo a una oferta de soluciones tecnológicas y servicios de mejor calidad.

De los múltiples ejemplos identificados, se presenta una solución que ha respondido positivamente a las necesidades y exigencias de sus promotores: potenciar los recursos forestales locales como fuen-

te de riqueza y desarrollo y reducir la factura energética, en este caso de un ayuntamiento.

Piscinas municipales de Alcácer do Sal

La calefacción de las piscinas municipales y algunas escuelas de este término municipal, a partir de un recurso endógeno, la piña de pino piñonero después de aprovechado el piñón, permitió utilizar un subproducto que hasta entonces era desperdiciado y eliminar el uso de combustibles fósiles y de los costes asociados.

Este ejemplo de sostenibilidad quedó entre los finalistas de los *Green Project Awards* en 2010, obteniendo una mención honorífica.

El consumo de esta biomasa, neutra desde el punto de vista de la emisión de carbono, es de 150 toneladas por año y representa un ahorro anual en comparación con el gas licuado del petróleo (GPL) de cerca de 30.000 euros.

Después del aprovechamiento del piñón, la piña destrozada (constituida por pedazos de cáscara de mayor dimensión) es utilizada para la alimentación de las calderas que calientan las piscinas.



Vista del interior de la piscina de Alcácer do Sal.



Vista del silo de la caldera de la piscina.

Este sistema ya está en funcionamiento desde 1999, con fuertes impactos económicos y sociales: no sólo se aprovecha un subproducto, si no que se ha dado respuesta a las necesidades energéticas de las piscinas municipales y de un gran número de escuelas del término municipal, contribuyendo también a la concienciación de los niños para la valorización de este recurso. El ahorro en los fondos antes usados para la energía eléctrica, ha posibilitado el aumento de los programas de natación y de hidroterapia a niños y personas mayores

de núcleos rurales que antes no tenían acceso a estos servicios, a través de la puesta a disposición, por parte del ayuntamiento, de transporte diario para las piscinas.

Como este, existen otros ejemplos para diferentes finalidades y en contextos distintos, recurriendo a varios tipos de productos de la actividad forestal, destacando la astilla como la principal fuente de energía, desde residencias de ancianos, hasta hoteles, complejos deportivos y unidades industriales.

Características de las instalaciones	Piscina semiolímpica cubierta constituida por tanque de 25x12,5 m y balnearios con sistema de calefacción constituido por campo solar térmico con 120 m ² , unidad de integración solar (UIS), caldera de agua caliente con alimentación automática de piñas con potencia de 300 kW, depósito de acumulación de agua caliente sanitaria (ACS) de 2000 litros, deshumidificador y unidad de tratamiento del aire (UTA).
Tipo principal de biomasa utilizada	Piña: subproducto del aprovechamiento del piñón de <i>Pinus pinea</i> .
Fecha de entrada en funcionamiento	1999
Consumo de biomasa	150 t/año
Necesidades energéticas	517.860 kWh/año
Impactos (energéticos y económicos)	Inversión: 185.000 €
	Economía anual frente al gas licuado del petróleo (GPL): 30.000 €
	Período de retorno de la inversión: 6,2 años
	Tasa interna de rentabilidad (TIR) a los 20 años: 18%
Superficie aproximada calentada	312,5 m + 2.000 l ACS + 15.000 m ³ /h de aire
Costes anuales (mantenimiento y combustible)	9.000 euros/año
Potencia de la caldera instalada	300 kW
Capacidad de almacenamiento de los silos	20 m ³

Producción de calor a partir de biomasa forestal en Galicia

Una de las fuentes de energía renovable que destaca por su amplia utilización y su elevado potencial en Galicia es la biomasa, que ha estado presente de forma tradicional en gran parte de las viviendas gallegas como fuente de calor —en forma de leña—, en aplicaciones como calefacción, generación de agua caliente y, especialmente, en la cocina.

No obstante, en la actualidad los combustibles y formas de energía más utilizados para generación térmica para estas aplicaciones en el sector doméstico gallego son el gasóleo, el gas (GLP, gas natural) y la electricidad (generada a partir de combustibles fósiles o renovables). En los últimos años el coste de generación térmica a partir de estas tecnologías se ha incrementado sustancialmente, lo que ha repercutido en un aumento de los costes energéticos que deben soportar las familias o las empresas. Este hecho, unido a que la sociedad está cada vez más sensibilizada con el objetivo común de protección del medio ambiente, así como a la aprobación de diferentes normativas de fomento de aprovechamiento de las fuentes renovables, ha contribuido a que, especialmente en el sector doméstico y servicios, exista un importante interés por parte de la sociedad en la utilización de la biomasa para fines térmicos.

La biomasa, históricamente utilizada en forma de leña, aparece también en la actualidad transformada en nuevas tipologías, con el fin de poder utilizarse más fácilmente en la automatización de calderas, lo cual sería complicado técnicamente en el caso de la leña debido a sus dimensiones heterogéneas. Así, en el sector doméstico y de servicios, los combustibles más utilizados son los *pellets* y las astillas, existiendo instalaciones que funcionan con otros combustibles (como serrín u orujillo de oliva no autóctono) en granjas o sector industrial.

Las calderas de *pellets* y astillas de madera permiten un grado de automatización similar al de otras que funcionan con combustibles convencionales, como el gasóleo o el gas, aportando desde un punto de vista operativo las mismas prestaciones que las calderas de combustibles fósiles. Por otra parte, es importante señalar que tanto los *pellets* como las astillas han mantenido un precio estable en los últimos años y, a pesar de que pueda sufrir alguna variación, no se prevé que puedan ser de la magnitud de otros combustibles utilizados con fines térmicos como el gas o el gasóleo.

De esta forma, en las nuevas viviendas y en edificios del sector servicios es posible instalar calderas de biomasa con el fin de satisfacer todas las necesidades de calefacción y de agua caliente sanitaria, prescindiendo así de cualquier otra caldera de combustible tradicional y con un coste de la energía muy inferior al correspondiente a estos últimos combustibles. También en las viviendas y edificios del sector servicios existentes es posible contemplar la posibilidad de sustitución de la caldera existente por una caldera de biomasa, especialmente en el momento en el que el equipo antiguo usado ya tiene



una cierta antigüedad y necesita ser renovado. Igualmente, pueden utilizarse otros tipos de equipos diseñados para ser instalados en el interior de las estancias habitables (salón, cocina, habitaciones), que permiten calefactar estos habitáculos e incluso realizar una distribución de agua caliente a sistemas de calefacción o a depósitos para generar agua caliente sanitaria.

Por las dimensiones necesarias para la acumulación de combustible y su alimentación a la caldera, los *pellets* se suelen utilizar tanto en pequeñas instalaciones (domésticas en vivienda unifamiliar) como en instalaciones de mayor tamaño (calefacción en edificios del sector servicios, piscinas, comunidades de vecinos...), mientras que las astillas habitualmente se utilizan en instalaciones de mayor tamaño.

En Galicia existen experiencias con resultados muy satisfactorios de implantación de calderas de biomasa de pequeño a gran tamaño, funcionando tanto con *pellets* como con astillas, en distintos sectores, que permiten a sus titulares obtener importantes ahorros económicos. Son especialmente interesantes las aplicaciones en centros de gran consumo, en los que la economía de escala permite que la inversión inicial necesaria para acometer el proyecto de implantación de la caldera de biomasa y su sistema de alimentación se vea, en general, rentabilizada en un plazo reducido con respecto a la vida útil de la instalación.

Esta apreciable rentabilidad económica que ofrece la utilización de la biomasa para generación térmica, así como la existencia de una tecnología muy desarrollada en este campo, han provocado que en los últimos años se hayan multiplicado las calderas instaladas en Galicia que utilizan este combustible, lo cual se refleja en las iniciativas presentadas a las líneas de ayudas gestionadas por la Xunta de Gali-



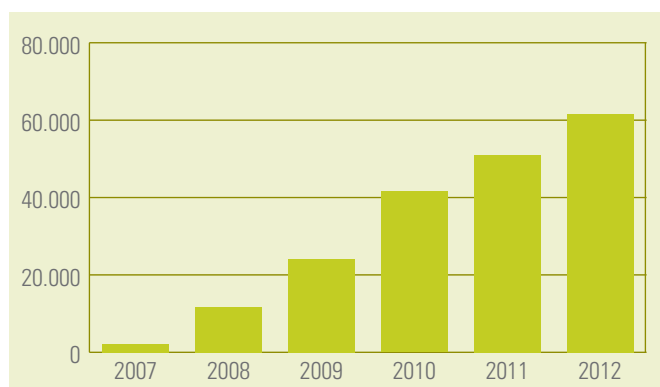
cia, a través del INEGA, para la implantación de calderas de biomasa tanto para familias como para empresas, que han ido aumentando proporcionalmente con respecto a otras tecnologías renovables.

Evolución de las solicitudes de ayudas para instalaciones de biomasa en Galicia

Años	Nº solicitudes totales	Nº solicitudes proyectos biomasa	% proyectos biomasa
2006	1.877	270	14,4%
2007	1.432	304	21,2%
2008	1.622	565	34,8%
2009	1.496	772	51,6%
2010	979	592	60,5%
2011	2.872	2.198	76,5%

Fuente: Instituto Enerxético de Galicia (INEGA), Xunta de Galicia.

Evolución de la potencia de calderas de biomasa instaladas con ayudas de la Xunta de Galicia (acumulado, en kW)



Como se puede ver en los datos anteriores, el creciente interés por parte de la población en la implantación de este tipo de sistemas en sus viviendas y empresas ha conducido a un importante incremento de la potencia instalada con esta fuente energética autóctona.



En este sentido, los beneficios que se obtienen de forma directa del aprovechamiento de esta fuente energética no sólo se ciñen al ámbito de la economía doméstica o de la empresa, sino que se encuentran también los aspectos macroeconómicos, ambientales y sociales. Así, dentro de estos beneficios que permite el aprovechamiento de la biomasa para fines térmicos, destacan los siguientes:

- Contribuye al desarrollo rural sostenible, mejorando además las rentabilidad económica de las explotaciones forestales.
- Permite reducir el riesgo de incendios, mejorando el estado de las masas forestales.
- Fomenta la creación de empresas asociadas a las distintas fases de su aprovechamiento, permitiendo que todo el valor añadido de la cadena productiva permanezca en Galicia, ya que el ciclo que va desde la recogida hasta su utilización final se desarrolla íntegramente en la Comunidad Autónoma, creando así riqueza y empleo a partir de la utilización una fuente autóctona disponible en Galicia.
- Reduce los costes energéticos de las familias y empresas, contribuyendo al bienestar de las primeras y mejorando la competitividad de las últimas.
- Mejora la diversificación energética de Galicia, reduce la dependencia energética exterior y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera.

Todos estos beneficios justifican de una forma clara a la necesidad de fomentar el aprovechamiento de esta fuente energética en Galicia desde todos los agentes implicados (Administraciones Públicas, empresas, asociaciones, familias), lo que repercutirá en una mejora tanto del medio ambiente como de la economía gallega y, en consecuencia, en el bienestar de toda la sociedad.

Producción de calor a partir de biomasa en Portugal

Teniendo en cuenta el Balance Energético de 2009, el sector doméstico en Portugal es el tercer mayor consumidor de energía, después de los sectores del transporte (37,5%) y de la industria (30,5%).

De acuerdo con los resultados de la encuesta sobre el consumo de energía en el sector doméstico (ICESD 2010), realizado por el Instituto Nacional de Estadística (INE) y por la Direção Geral de Energia e Geología (DGEG), los hábitos de consumo de energía de las familias portuguesas se han visto alteradas. Hasta 2002, la leña¹ constituía la fuente de energía más consumida por las familias portuguesas, a pesar de haber perdido peso relativo en el consumo. Si en 1989, el peso relativo era de 60,3% en el consumo total, ya en 1996, este valor bajó al 41,9%. A partir de 2003 fue relegada al segundo lugar, pasando la electricidad a ser la principal fuente de energía consumida.

Atendiendo a la evolución hasta entonces registrada, en el período de referencia entre octubre de 2009 y septiembre de 2010, la leña fue la segunda fuente de energía más utilizada en el sector domés-

tico (con un consumo relativo del 24,2%) y con los costes unitarios más bajos².

También hay que reseñar que el consumo de leña, representó un 71,7% en el conjunto del consumo de la biomasa forestal. El origen de la leña es el siguiente: leña de pino 37,4%, de eucalipto 21,2%, de encina (7,4%), de alcornoque (5,7%). El restante consumo de biomasa forestal primaria procede de otros tipos de leñas, que incluyen *pellets*³ y briquetas (24,0%) y residuos forestales (4,2%).

Teniendo en cuenta los datos de la tabla, se concluye que las fuentes de energía renovable (sobre todo carbón vegetal, leña y solar térmica) representan el 25,1% del consumo total de energía en el sector doméstico, siendo la contribución de la leña la más significativa.

La leña (sin incluir *pellets* y briquetas) es usada en el 40% de los alojamientos familiares portugueses y se destinó sobre todo a calefacción (52%) y a la cocina⁴ (42,1%). El uso de la leña para calentar agua tan sólo significa el 5,9%.

Consumo y gasto de energía en viviendas según fuente en 2010

Fuente	Nº de viviendas que consumen energía	Consumo total			Gasto total	Consumo por vivienda		Gastos por vivienda
		Consumo total	Unidades	tep	€	tep/ vivienda	Gj/ vivienda	€/ vivienda
Electricidad	3.927.733	14.442.104.354	kWh	1.242.021	2.056.019.558	0,316	13,2	523
Leña	1.576.694	2.802.729.941	Kg	705.875	113.924.402	0,448	18,7	171
GPL bombona butano	2.206.050	360.531	t	396.115	570.930.745	0,180	7,5	253
GPL bombona propano	463.453	79.857	t	87.738	144.385.726	0,189	7,9	312
Gás natural	780.442	3.064.031.852	kWh	263.507	193.965.092	0,338	14,1	249
GPL canalizado	380.838	64.280.223	Kg	70.625	112.990.922	0,185	7,8	297
Gasóleo para calefacción	142.462	146.347.071	l	124.636	105.291.237	0,905	36,6	765
Solar térmico	68.824	19.105	tep	19.105		0,278	11,6	
Carbón	334.814	10.430.037	Kg	6.404	6.772.498	0,020	0,8	21
Total	9.881.310	20.530.382.971		2.916.026	3.304.280.180	2,86	118,20	2.591

Fuente: ICESD 2010.

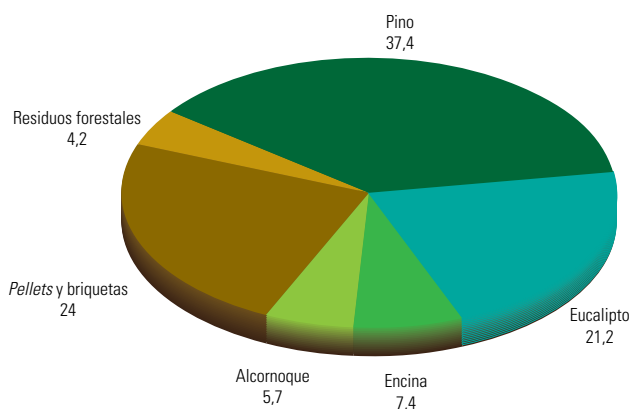
Nota: 1 tep (tonelada equivalente petróleo)= 41,868 GJ (excepto para la electricidad, en que 1 tep= 41,86047 GJ).

Fuente: INE/DGEG-Encuesta sobre consumo de energía en el sector doméstico (2010).



Edificio con sistema de calefacción alimentado con biomasa forestal.

Consumo (%) por tipo de biomasa forestal



Fuente: ICESD 2010.

Comparada con las otras fuentes utilizadas, hay que reseñar que la leña:

- Ha sido la principal fuente de energía utilizada (67,6%) para calefacción.
- Ha sido la segunda fuente de energía más usada en la cocina (30,1%).
- Ha sido la sexta fuente de energía más usada para calentar agua (7,0%).

Según ICESD 2010, en el período de referencia del estudio, el 54,7% de los alojamientos que utilizaron calderas para calentar agua, la fuente de energía utilizada para su funcionamiento ha sido la biomasa⁵ (incluyendo biomasa de origen forestal), con un total de 250.973 calderas instaladas.

Del breve análisis efectuado se desprende que a pesar de que la biomasa de origen forestal, en sus diversas formas, es una fuente de energía importante en el consumo doméstico, ha perdido importancia frente a otras fuentes de energía más caras.

En Portugal, todavía hay un enorme potencial para la biomasa como es el caso de su uso para calentar agua, con el cambio de los sistemas que actualmente se utilizan por otras soluciones que consuman biomasa forestal.



Biomasa forestal como fuente de energía.

Teniendo en cuenta la evolución de las soluciones técnicas existentes en el mercado, sería también deseable, que fuesen sustituidas las chimeneas abiertas de leña y otros equipamientos de poco rendimiento, por otros más eficientes que utilicen, por ejemplo, astilla, materia prima actualmente poco utilizada, pero que presenta una elevada disponibilidad y que está asociada a procesos de transformación poco complejos, por lo que tiene unos costes por unidad de energía producida más bajos.

Como conclusión, analizando los patrones de consumo, la disponibilidad de recurso y el mercado de la energía, existen condiciones muy atractivas para el crecimiento del mercado de calor a partir de biomasa forestal.

- 1 A efectos del ICESD 2010, por leña se entiende: cantidad de madera en bruto movilizada para ser consumida sin transformar (para calor, para cocinar) o para ser utilizada como materia prima para la obtención de carbón.
- 2 Importa resaltar que el gasto en leña tan solo considera la que ha sido comprada en el período de referencia (que ronda el 40%), siendo la mayoría de la leña recogida en las proximidades o procedente de otros lugares (37% y 23%, respectivamente).
- 3 A efectos del ICESD 2010, por pellets se entiende: "aglomerado combustible hecho a partir de material resultante de la limpieza de los montes y de los desperdicios de la industria de la madera, materia que es triturada, secada y comprimida en pequeños cilindros".
- 4 A efectos de la encuesta, la cocina incluye el hogar con horno, placa, horno independiente, brasero, chimenea, microondas, extractor, frigorífico (con o sin congelador), congelador, lavavajillas, lavadora, secadora y lavadora-secadora.
- 5 A efectos del ICESD 2010, por biomasa se entiende: "combustible procedente de los productos y restos de la agricultura (incluyendo sustancias vegetales y animales), de los restos forestales e industrias conexas y de la fracción biodegradable de los restos industriales y urbanos".

La biomasa como alternativa para la calefacción de viviendas

Uno de los objetivos del proyecto Silvaplus, y de la política forestal europea, es la sustitución de los combustibles fósiles por fuentes de energía renovable y endógena que ayuden a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. La biomasa forestal cumple con estos objetivos y su uso resulta una alternativa viable en sistemas de calefacción, sin embargo, de manera recurrente ingenierías e instaladores de calefacción han de afrontar las dudas de los usuarios acerca de qué sistema de calefacción es mejor, o si la biomasa resulta una alternativa viable para la calefacción de viviendas.

¿Qué combustible elegir?

La primera pregunta que cabe responder es la de qué combustible elegir. Si pensamos en instalaciones de hasta 200-300 kW, como puede ser el caso de una vivienda unifamiliar, o un edificio colectivo no demasiado grande, la alternativa más asequible son los *pellets*, por encima de esa potencia, aunque suponga una mayor inversión inicial, deberíamos plantearnos trabajar con astillas.

Si se trata de una vivienda unifamiliar y el usuario está dispuesto a asumir el trabajo de cargar la instalación a menudo, podremos optar por la leña o las briquetas.

El espacio disponible en el edificio

Un factor que resulta crítico a la hora de plantearse calefactar un edificio con biomasa es el espacio disponible para la instalación de la caldera o calderas y del almacenamiento de combustible.

En comparación con una instalación equivalente de gasóleo, una instalación de biomasa ocupará del orden de 3 veces más superficie construida. Esto se debe al mayor volumen de los equipos, incluidos los sistemas de alimentación de combustible, y a que la biomasa es menos densa que el gasóleo, y posee un menor poder calorífico.

A la hora escoger el lugar para el almacenamiento de la biomasa, debemos tener en cuenta de que debe encontrarse completamente libre de humedad, y accesible para la carga de combustible. Este último aspecto nos condicionará mucho en entornos urbanos, donde, si el consumo anual es importante, debemos definir un espacio para la carga del combustible, en el que pueda aparcar durante unas cuantas horas un camión de gran tonelaje, que inevitablemente generará algo de ruido y polvo.

El coste y la amortización de la inversión

Uno de las principales desventajas a la hora de afrontar la ejecución de una instalación de calefacción con biomasa es el mayor coste de la tecnología comparándola con sistemas alimentados con combustibles fósiles, como el gas natural o el gasóleo.

Esta diferencia en la inversión inicial, que para el caso de un usuario doméstico con una vivienda unifamiliar mediana puede estar entre 6.000 y 10.000 €, es en muchos casos amortizable en un corto periodo de tiempo.

Y es que pese al mayor desembolso inicial, el principal atractivo de la biomasa se encuentra en el precio del combustible, el coste aproximado del kWh obtenido con *pellets* sería de 0,054 €/kWh, frente a los 0,061 €/kWh del gas natural y a los 0,093 €/kWh del gasóleo (precios con impuestos incluidos). Y los números todavía son mejores en términos de ahorro en coste de explotación y amortización si hablamos de astillas para usuarios con más de 300 kW instalados.

Estos ratios de precios suponen que, en la práctica, la biomasa podrá llegar a desplazar al gasóleo en las zonas donde no existe acceso a la red de distribución de gas natural, teniendo más difícil la competencia con este último combustible.

Coste de explotación

Tal y como se ha expuesto en el apartado anterior, el coste del combustible resulta inferior si optamos por la biomasa en lugar de emplear combustibles fósiles como el gas natural o el gasóleo.

No obstante, es necesario atender a dos gastos más para tener una imagen fiel del coste de explotación de la instalación, el mantenimiento y el consumo de energía eléctrica.

Respecto al primero, una caldera de biomasa requiere un mantenimiento ligeramente mayor que el de una caldera de gasóleo, y sensiblemente mayor que el de una caldera de gas natural. Para un usuario doméstico, este mantenimiento puede resolverse a título orientativo con dos visitas





anuales de un mantenedor habilitado, frente la visita anual necesaria para el gasóleo, o bianual preceptiva en el caso del gas natural.

En relación con el consumo de energía eléctrica, los sistemas de alimentación de biomasa requieren una potencia instalada mayor que la de los sistemas alimentados con combustibles fósiles, lo que se traduce en un incremento de la factura eléctrica que ha de ser valorado. Una primera aproximación puede obtenerse multiplicando la potencia eléctrica del equipo por el tiempo anual de funcionamiento, que puede estimarse entre 800 y 1.200 horas para zonas de clima templado, pudiendo llegar a duplicarse estos valores en zonas de clima continental.

Falsos mitos

Los detractores de la biomasa afirman que no resulta viable el empleo de calderas de biocombustibles sólidos en instalaciones de baja temperatura, como aquellas que calientan sistemas de suelo radiante, fancoils, climatizadoras o piscinas.

Esto es categóricamente falso, no presenta dificultad emplear biomasa en estos casos si se diseñan de manera adecuada los circuitos hidráulicos, empleando válvulas mezcladoras para limitar las temperaturas de impulsión a las unidades terminales, y garantizando una temperatura de retorno mínima a la caldera que garantice que los productos de la combustión no se condensan en su interior.

Otro mito falaz es que las instalaciones de biomasa tienen un funcionamiento muy manual y requieren de mucha participación del usuario. El grado de intervención del usuario es una decisión del mismo que debe valorar en el momento de planificar la instalación. Una caldera de leña o *pellets* de carga manual requerirá trabajo casi a diario, sin embargo es posible obtener un nivel de automatización suficiente para que la carga sea transparente, y exija una participación similar a la que se requeriría para el gasóleo.

Lo mismo ocurre con las cenizas, las calderas de biomasa de gama media y alta cuentan con sistemas de limpieza interior y retirada de cenizas que hacen innecesaria la intervención del usuario por periodos superiores a un mes. En las calderas de gama más económica, la retirada de estos residuos de la combustión deberá ser mucho más frecuente.

Acceso a combustible de calidad

Otro argumento en contra de la biomasa empleado con frecuencia es la dificultad para acceder a una oferta amplia de proveedores

de combustible. Esto es falso, el mercado de proveedores está en continua expansión, y cuenta actualmente con una amplia oferta, prueba de ello son los precios estables que mantienen por ejemplo los *pellets* en los últimos años, pese al sensible aumento de la demanda.

Respecto a la calidad del combustible, ya es posible acceder a *pellets* certificados, que garantizan la ausencia de contaminantes como pinturas o barnices, y que limitan el contenido máximo de humedad y cenizas del combustible.

Solución para la certificación energética

Pese a que la legislación española no es demasiado explícita a la hora de definir la biomasa como energía renovable, su consideración como tal se justifica la suficiente en nuestro ordenamiento jurídico como para que la instalación de una caldera de biomasa permita sustituir parcial o totalmente la contribución solar mínima para agua caliente sanitaria y/o climatización de piscinas cubiertas exigida por el la sección HE4 del Código Técnico de la Edificación.

Esto se fundamenta en el beneficioso efecto medioambiental de la biomasa a lo largo de su ciclo de vida, efecto que permite considerar que el CO₂ neto emitido por la biomasa al quemarse es nulo, al verse compensadas las emisiones reales por la fijación del dióxido de carbono realizado por la masa vegetal a lo largo de su ciclo de vida.

Que el balance de emisiones de dióxido de carbono sea considerado cero permite a las instalaciones de calefacción que emplean biomasa como combustible tener un efecto decisivo en la certificación energética de edificios, resultando en muchas ocasiones la única alternativa para la obtención de la extraordinaria certificación energética A.

Conclusiones

A la pregunta de si resulta la biomasa una alternativa viable para la calefacción de edificios debemos responder con un sí categórico. Una vez estudiado si disponemos del espacio suficiente, y conocido el consumo energético anual, podremos determinar el plazo de amortización del coste diferencial de inversión en esta tecnología frente a los combustibles fósiles.

El resultado obtenido será que, la biomasa resulta imbatible en la comparación con el gasóleo o el gas propano, y en muchos proyectos está en condiciones de competir con soluciones alternativas como el gas natural, la geotermia o la aerotermia.

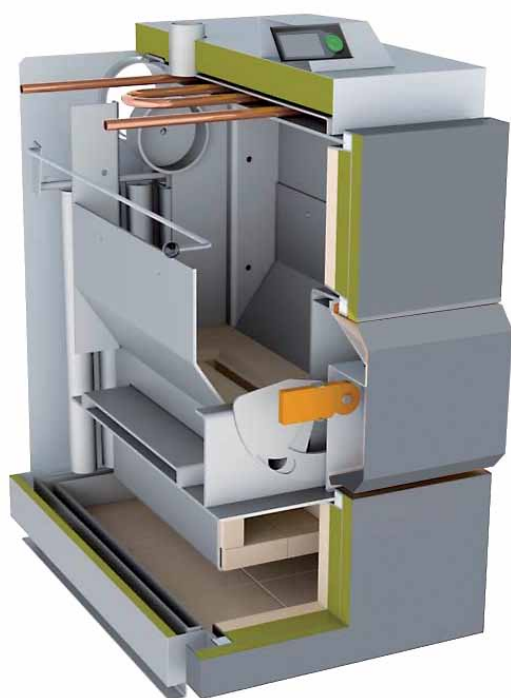
Avances en las calderas de biomasa para uso doméstico

Desde hace siglos, la biomasa forestal es usada para sistemas de calefacción, desde una simple hoguera realizada por nuestros ancestros en las cuevas o cabañas a los modernos sistemas de calefacción, pasando por las cocinas calefactoras o las tradicionales estufas de leña conocidas por todos.

Actualmente, se pueden definir tres tipos de calderas de biomasa en función del biocombustible empleado: calderas de leña, calderas de astillas y calderas de *pellets*. En todas estas calderas ha habido una gran evolución, siempre con la premisa del aumento de rendimiento en combustión, eficiencia, reducción de emisiones, ahorro de combustible, comodidad por parte del usuario, fiabilidad y seguridad. De esta forma, se pueden explicar algunas claves evolutivas en los distintos tipos de calderas de biomasa usadas para calefacción y agua caliente.

Calderas de leña

Actualmente, se ha pasado de las tradicionales calderas de leña, con combustión inferior y regulador de entrada de aire o de tiro, sin mayor control de combustión o temperatura, a evolucionados sistemas de combustión, con sistemas de control de aire activados por regulación electrónica, con control de aire primario y secundario de combustión y gasificación de leña o llama invertida.



Caldera de leña de gasificación seccionada.

Estos sistemas han conseguido pasar de rendimientos energéticos del 60% a rendimientos superiores al 90%, mejorando a su vez los procedimientos de carga desde la forma manual de las antiguas calderas que exigían frecuencias cada 2 o 3 horas, a los modernos con una carga de leña cada 12 o 14 horas y activando o desactivando la caldera desde un simple termostato instalado en la vivienda.

Esta evolución impensable, simplemente hace unos años, hace de los sistemas de calefacción con gasificación de leña una alternativa perfecta, económica y ecológica, para la sustitución en los hogares de las viejas e ineficientes calderas de gasóleo.

Calderas de astillas

Las calderas de astillas para usos domésticos nacen en los años 70, con la necesidad de evolución en los hábitos de vida en los países centroeuropeos, donde cada vez la presencia de la gente en el hogar se hacía menor y era necesario automatizar las antiguas calderas de leña.

De esta forma, comenzaron a aparecer en el mercado calderas con tolvas incorporadas, capaces de almacenar la astilla necesaria para una o dos jornadas de calefacción, en las cuales, un husillo alimentaba una cámara de combustión y un ventilador introducía el aire para la combustión.



Caldera de astilla totalmente automática.

Con el paso de los años, se han introducido sistemas de combustión controlados por auténticos autómatas, con rendimientos de combustión superiores al 90%, modulaciones continuas de potencia, con sistemas de limpieza automática de caldera y de extracción de cenizas. También se han mejorado los depósitos de astilla y sistemas de alimentación con autonomías desde días hasta meses. Todas estas innovaciones hacen de los sistemas de combustión con astillas, una alternativa perfecta para sustituir sistemas de calefacción de gas o de gasóleo en ámbitos residenciales o industriales.

Calderas de *pellets*

Siguiendo esta evolución, aparece a principios de los años 90 un nuevo formato de biocombustible derivado de la madera, el *pellet* de madera. Este nuevo material ofrece una mayor densidad energética que las astillas de madera (más kilos en el mismo volumen) y permite una homogenización del combustible en cuanto a tamaño, humedad y poder calorífico.

Debido a esta estandarización de la biomasa, las calderas de biocombustibles van evolucionando y transformándose en sistemas más simples de manejar, que ocupan menos espacio y que llegan a rendimientos superiores al 95%, popularizándose rápidamente en Europa las calderas de biomasa entre el usuario doméstico. En la actualidad, las calderas de biomasa son una clarísima alternativa al cada vez más costoso y sucio gasóleo, sin perder ningún tipo de confort.



Control táctil e intuitivo de la caldera de *pellets* por parte del usuario.

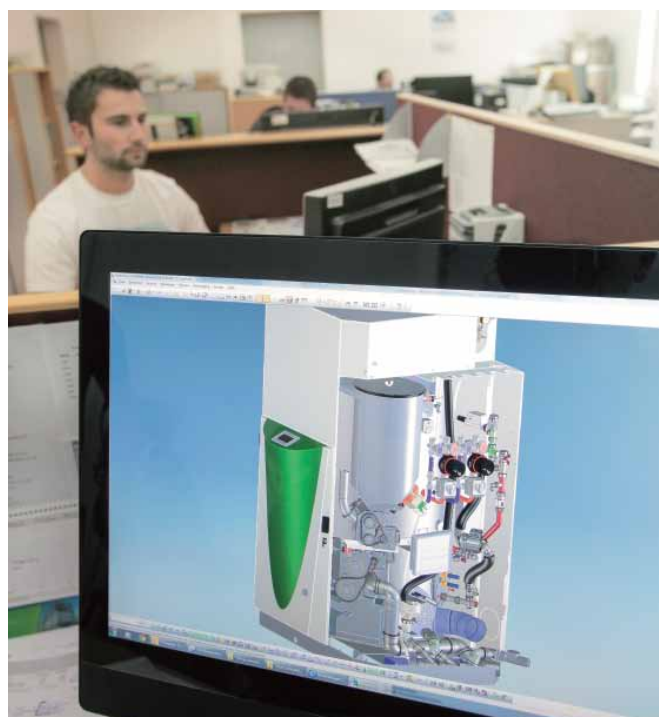
El combustible se suministra desde camiones neumáticos, limpios, que contabilizan en todo momento la cantidad de combustible suministrado. Se pueden realizar cargas de astilla o *pellets* hasta distancias de 40 metros para ser almacenados en silos totalmente limpios que pueden distar de la caldera hasta 20 metros.

La tecnología al servicio de la biomasa

Las modernas calderas de biomasa cuentan con sistemas de limpieza automáticos y con sistemas computerizados de alimentación y de recogida de cenizas que minimizan las intervenciones del usuario en las instalaciones. Por su parte, la evolución exponencial en los sistemas de control, automatismos y procesadores han propiciado un im-

portante salto cualitativo y cuantitativo en las calderas de biomasa, con controles precisos de parámetros de combustión y limpieza, haciendo más simple y económico su manejo y el uso en las viviendas.

Actualmente, una caldera de biomasa, se puede encender, apagar y cambiar su temperatura desde un teléfono móvil. Atrás han quedado las piñas en la cocina calefactora para iniciar el fuego diario.



Diseño de una caldera de *pellets* con tecnología de condensación.

La limpieza o eliminación de cenizas procedente de la combustión ha pasado de ser casi una tarea diaria, a poder ser anual. Sistemas de tornillos sinfín conducen la ceniza a contenedores que el usuario puede manipular de forma limpia y cómoda.

Los sistemas de almacenamiento de biomasa han evolucionado en la misma dirección que las calderas, con diseños que hacen posible aumentar su capacidad en un espacio cada vez más reducido.

Los fabricantes de calderas han conseguido alcanzar en los últimos diez años los objetivos de I+D planteados al lograr introducir en el mercado calderas eficientes, de uso automatizado y fiables. Una vez conseguido estos hitos, algunos fabricantes punteros comienzan a pensar en la nueva generación de calderas de biomasa y disponen de equipos innovadores trabajando en calderas de biomasa domésticas que pueden generar electricidad al mismo tiempo que generan calor para calefacción o agua caliente mediante tecnologías de motor Stirling o pequeños ciclos ORC.

Otras áreas de innovación se centran en mejorar la eficiencia mediante sistemas de calefacción que usan tecnologías de condensación, con rendimientos de hasta el 104% - 106% sobre los PCI (poder calorífico inferior del combustible), con óptimos aprovechamientos de los combustibles y mínimas emisiones de partículas volátiles.

Biomasa forestales de interés energético en el sur de Galicia y Norte de Portugal



El abedul ha sido una de las especies cuya biomasa ha sido caracterizada en el proyecto Silvaplus.

A efectos de caracterizar las biomasa de posible uso energético existentes en la región transfronteriza de sur de Galicia y norte de Portugal, el proyecto Silvaplus abordó el estudio de las siguientes especies arbóreas: *Acacia* sp., *Acer pseudoplatanus*, *Alnus glutinosa*, *Betula celtiberica*, *Castanea sativa*, *Eucalyptus nitens*, *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus obliqua*, *Eucalyptus viminalis*, *Fagus sylvatica*, *Fraxinus angustifolia*, *Pinus pinaster*, *Pinus radiata*, *Pinus silvestris*, *Populus* sp., *Prunus avium*, *Quercus robur* e *Salix atrocinerea*. Al mismo tiempo, fueron caracterizadas las siguientes especies arbustivas: *Arbutus unedo*, *Cytisus striatus*, *Erica arborea*, *Hakea sericea*, *Pterospartum tridentatum* y *Ulex* sp.

La caracterización de las biomasa se realizó de acuerdo a las normas UNE-CEN para el análisis de la de la biomasa: UNE-CEN/TS714775 para el contenido de cenizas, la UNE 164001 para el poder calorífico y análisis elemental según la norma UNE-EN 15104. Para facilitar la interpretación de los datos, se han clasificado las especies estudiadas en función de su interés relativo desde el punto de vista de abundancia y representatividad en la zona de estudio. Dentro de esta clasificación se establecieron tres categorías: especies forestales relevantes, especies secundarias y especies arbustivas.

A continuación se incluye un resumen de los resultados obtenidos en los análisis efectuados a las especies citadas y también un ejemplo de ficha descriptiva de las características energéticas de *Pinus pinaster* como especie forestal arbórea más abundante de la región.

Especies forestales relevantes

De las especies arbóreas más abundantes en la región transfronteriza se puede decir que el grado de adecuación para su utilización energética de *Eucalyptus globulus*, *Pinus radiata*, *Pinus pinaster* y *Quercus robur* es muy bueno cuando se utilizan las partes leñosas de estos árboles. La calidad energética para uso térmico disminuye cuando se utilizan ramas, ramillos y cortezas debido a su alta producción en cenizas en la combustión en calderas.

Especies forestales secundarias

Entre las especies forestales secundarias, las acacias, el abedul, el aliso, *Eucalyptus obliqua* y el pino silvestre tienen un grado de adecuación para su uso energético muy bueno. Por su parte, *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus nitens* y *Eucalyptus viminalis* tienen una buena calidad energética. Lo mismo se puede decir del castaño, el fresno, el haya, el chopo, el cerezo silvestre y el sauce, pero algunos de ellos presentan problemas por bajo poder calorífico y cenizas elevadas. En cuanto al arce, su grado de adecuación energética es regular debido a su excesivo contenido en cenizas.

Especies forestales arbustivas

En cuanto a las especies arbustivas, el madroño, el brezo, la carquesa (*carqueixa*) y el tojo, muy frecuentes en la zona, tienen un grado de

Ficha energética descriptiva de *Pinus pinaster*

Nombre científico	<i>Pinus pinaster</i> Ait.
Nombre común	Pino negral, pino marítimo, pino del país, piñeiro bravo, piñeiro do país
Talla	Hasta 20 m
Regeneración	Siembra o plantación
Uso habitual de la madera	Sierra, tablero, resina
Otros usos	Apeas, postes, leñas
Grado de adecuación para su utilización energética	Muy bueno para madera y relativamente bueno en ramas y cortezas por su elevado contenido en cenizas



FRACCIÓN	VALOR	Análisis inmediato % b. s.			Poder calorífico superior (KJ/kg) Hu=0	Análisis elemental % b. s.			
		C fijo	Volátiles	Cenizas		C	H	N	S
Madera tronco	Media	14,7	85,0	0,2	20.443	49,7	6,3	0,14	0,02
	Máximo	15,3	85,6	0,3	21.006	50,3	6,6	0,21	0,02
	Mínimo	14,2	84,4	0,2	19.670	49,2	6,1	0,07	0,01
Corteza	Media	28,4	69,7	1,9	20.718	53,5	5,7	0,42	0,04
	Máximo	30,8	72,4	2,3	20.898	54,8	6,0	0,50	0,05
	Mínimo	25,6	67,9	1,4	20.380	52,2	5,4	0,34	0,02
Restos (ramas +hojas)	Media	21,9	76,4	1,6	20.750	52,7	6,3	0,50	0,04
	Máximo	32,0	86,1	5,3	22.857	58,5	7,3	3,02	0,33
	Mínimo	13,7	63,7	0,2	19.100	47,0	5,2	0,00	0,00



La fracción leñosa del tojo tiene un grado de adecuación muy bueno para su uso energético.

adecuación muy bueno para su uso energético. La *xesta* (escoba) y la *hakia* picante tienen una buena calidad energética, con la salvedad de que esta última tiene un elevado contenido en cenizas.

Conclusiones

De los análisis realizados se pueden destacar las siguientes conclusiones:

- Las especies de frondosas mostraron valores más bajos de carbono y de poderes caloríficos que las especies de coníferas. Así, las especies de frondosas, presentan poderes caloríficos en el rango 18-19 MJ/kg, frente a valores de 20-21 MJ/kg observados en las especies de coníferas, con contenidos de carbono más elevados.
- Las especies de matorrales presentaron los valores de carbono y poder calorífico más elevados.

- Los valores de nitrógeno y azufre observados fueron bajos en todas las especies, sugiriendo un bajo riesgo de emisiones en la combustión de la biomasa leñosa.
- Se observó para todas las especies estudiadas una relación lineal entre el porcentaje de carbono y el poder calorífico. La utilidad práctica de esta modelización consiste en poder realizar una determinación rápida del poder calorífico partiendo de datos de análisis elemental básico.
- No obstante, aunque el poder calorífico en peso sea mayor en las coníferas debido a la presencia de ácidos resínicos, a nivel volumétrico, la densidad energética de la biomasa procedente de frondosas, es mayor que en el caso de las coníferas, debido a que la mayor densidad de las primeras, es mucho más significativa y relevante cuantitativamente que las diferencias registradas en el poder calorífico. Por ejemplo, mientras una madera de *Pinus* spp. suele superar los 20.000 kJ/kg de poder calorífico, las de *Eucalyptus* spp. suelen rondar los 18.000-19.000 kJ/kg. Sin embargo, al ser la densidad de las maderas de pino en base seca de unos 500 kg/m³ y las de eucaliptos de unos 700 a 880 kg/m³, el poder calorífico por unidad de volumen es sensiblemente superior en el caso de las frondosas duras.
- Los restos que contienen determinadas proporciones de hojas, acículas, corteza, etc. presentan mayores concentraciones de cenizas, lo cual complica su empleo en combustión.
- Los valores de nitrógeno y azufre observados fueron bajos en todas las especies, sugiriendo un bajo riesgo de emisiones en la combustión de la biomasa leñosa.

Comité técnico



De izquierda a derecha: Braulio Molina Martínez, Jorge Cunha, Xosé Lois Vázquez Calvo, Julio Ruiz Cagigal, María Soledad Valado Pérez, Francisco Javier Fernández de Ana Magán, Rosário Alves, Francisco Dans del Valle, Susana Maria da Silva, Rosana Velasco Pérez y Ricardo Marinho.

Socios del proyecto



Forestis
Associação Florestal de Portugal
geral@forestis.pt
www.forestis.pt



AFG
Asociación Forestal de Galicia
asforgal@iies.es
www.asociacionforestal.org



AREA Alto Minho
Agência Regional de Energia e Ambiente do Alto Minho
area-altominho@area-altominho.pt
www.area-altominho.pt



Concello de Ponteareas
alcalde@ponteareas.es
www.ponteareas.es



Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas
icnf@icnf.pt
www.icnf.pt



Concello de Tomiño
alcaldia@concellotomino.com
www.concellotomino.com

Instituciones asociadas al proyecto

Galicia

Secretaría Xeral do Medio Rural e Montes
Frinova, S.A.
Federación Galega de Parques Empresariais
Enerxía Galega da Biomasa, S.L.
Mancomunidade de Produtores de Biomasa Forestal do Sur de Galicia, Enerxil

Portugal

Universidade de Tras-os-Monte e Alto Douro
Associação de Produtores Florestais do Vale do Minho
Associação Florestal do Lima

Entidades colaboradoras

Asociación Autónoma Provincial de Instaladores de Fontanería, Calefacción, Gas, Climatización, Mantenimientos, Electricidad y Afines de Pontevedra (FONCALOR)

Associação Florestal do Concelho de Góis

Associação Florestal do Lima

Associação Florestal dos Produtores do Vale do Minho

Associação para a Promoção da Bioenergia (CEBio)

Centro de Investigación Forestal de Lourizán

Comunidad de Montes Vecinales en Mano Común de Amorín

Comunidad de Montes Vecinales en Mano Común de Estás

Comunidad de Montes Vecinales en Mano Común de Parada de Achas

Comunidade Intermunicipal do Alto Minho

Ilustre Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Galicia

Instituto Enerxético de Galicia (INEGA)

Instituto para o Desenvolvemento Agrário da Região Norte (IDARN)

Junta de Freguesia de Lanhelas

Junta de Freguesia de Riba de Mouro

Universidad de Santiago de Compostela

Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Universidad de Vigo

Universidade do Minho

www.silvaplus.com

Proyecto financiado por el
Programa Operativo
de Cooperación Transfronteriza
España-Portugal (POCTEP)



Unión Europea
FEDER



Invertimos en su futuro