ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

Trabajo Fin de Grado

ESTUDIO DE IMPLANTABILIDAD DE UNA CENTRAL DE BIOMASA EN CANTABRIA, REACONDICIONANDO PARA ELLO ZONAS DESARBOLADAS O DESATENDIDAS CON EL FIN DE AUMENTAR LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA

(STUDY ABOUT THE IMPLANTABILITY OF A BIOMASS POWERPLANT IN CANTABRIA, BY RECONDITIONING UNATTENDED OR UNSTOCKED AREAS IN ORDER TO INCREASE BIOMASS PRODUCTION)

Fecha: 30/06/2015

Autor: Mario González Gutiérrez

Tutor: Severiano Pérez Remesal

Índice de documentos

1 Memoria Descriptiva……5

2 Memoria Justificativa……..40

MEMORIA DESCRIPTIVA

Índice

1 Introducción 7
1.1 Energías renovables 7
1.1.1 Energía hidráulica 8
1.1.2 Energía geotérmica 8
1.1.3 Energía mareomotriz 9
1.1.4 Energía eólica 11
1.1.5 Energía solar 12
2 Alcance del estudio 14
3 Estado del arte 15
3.1 La biomasa y los biocombustibles 15
Los biocombustibles: 16
3.2 Estudio de inventariado de bosques (por especies) 17
Eucaliptales (*Eucalyptus spp.*) 17
Bosques mixtos de frondosas autóctonas 17
Hayedos (*Fagus sylvatica*) 17
Robledales de *Quercus robur* y/o *Quercus petraea* 18
Melojares (*Quercus pyrenaica*) 18
Encinares (*Quercus ilex*) 18
Pinares de *Pinus radiata* 18
Pinares de pino albar (*Pinus sylvestris*) 19
Bosques ribereños 19
Avellanedas (*Corylus avellana*) 19
Abedulares (*Betula spp.*) 19
Castañares (*Castanea sativa*) 20
Acebedas (*Ilex aquifolium*) 20
3.3 Descripción de una planta de biomasa 20
- La caldera 20
- La salida de los gases de combustión 20
- La turbina 21
- Generador y centro de transformación 21
- Instalaciones complementarias 21

4 Estudios de detalle 21
4.1 Estudio socioeconómico 21
4.2 Estudio del medio 24
4.2.1 Clima 24
4.2.2 Vegetación 24
4.2.3 Fauna 25
4.2.4 Los espacios protegidos 26
4.3 Hidrografía 27
4.4 Edafología 28
Los cambisoles 28
Los fluvisoles 29
Los litosoles 29
Los luvisoles 29
Los phaeozems 29
Los rankers 30
Los regosoles 30
5 Viabilidad del proceso productivo de implantación de una central de biomasa 31
5.1 Posibles zonas de implantación 31
- La altitud 31
- Los espacios protegidos 31
- La demanda 31
- Los accesos 31
- La producción 31
6 Cálculos para determinar el emplazamiento idóneo de la central 32
7 Cálculos para determinar la potencia instalada de la central 34
8 Conclusiones 37

1 Introducción

1.1 Energías renovables

Actualmente se tiene una dependencia de la electricidad que se va a mantener en los próximos años, y por ello se buscan nuevas formas de producirla. En este contexto surgen las energías

renovables, que son aquellas obtenidas de medios naturales en teoría inagotables (ya sea por la inmensa cantidad de energía que contienen o porque son capaces de regenerarse por medios naturales). Entre las energías renovables existen la hidráulica, la geotérmica, la mareomotriz, eólica, solar y la biomasa.

1.1.1 Energía hidráulica

Es una fuente de energía renovable que aprovecha la caída de agua desde una cierta altura para generar energía eléctrica. Se aprovecha así la energía cinética de una corriente o salto de agua natural. Para explotar la energía se intentan aprovechar los recursos tal y como surgen en la naturaleza, o se construyen presas. Los sistemas hidráulicos pueden dividirse en dos grupos, basados en los métodos de construcción o en el tamaño-

- Embalses: Se utiliza una presa para almacenar el agua del río en un depósito. El agua se libera desde el depósito y fluye a través de la turbina, generando electricidad. El agua puede liberarse tanto para producir electricidad como para mantenet un nivel constante en el depósito.
- Desviación del curso de un río: Las plantas que aprovechan este tipo de energía, la obtienen del curso desviado de agua con una interrupción mínima del curso del río. Normalmente este tipo de sistemas se construyen en pequeñas presas que toman pequeñas cantidades de agua, no causando así cambios en la calidad de la misma. Su capacidad de generación puede superar un MW.
- Centrales de bombeo: Utilizan el agua para generar energía de igual forma que las centrales hidroeléctricas convencionales, pero el agua se almacena en un depósito tras pasar por la turbina, que es bidireccional, y bombea el agua almacenada durante el día a un depósito superior en períodos de baja demanda. En períodos de máxima demanda se libera el agua del depósito superior para generar electricidad.

1.1.2 Energía geotérmica

Es aquella producida por el calor interno de la tierra y que se concentra en el subsuelo en lugares conocidos como reservorios geotermales, los cuales pueden utilizarse para producir energía limpia de forma indefinida si son bien manejados.

La energía geotérmica tiene su origen en el movimiento de las placas tectónicas. Cuando éstas se juntan de forma que una puede deslizarse sobre la otra, se genera magma que en ocasiones llega a la superficie y genera volcanes, y sin embargo otras veces permanece bajo tierra calentando grandes zonas subterráneas. Para generar un reservorio utilizable para la obtención de energía geotérmica hacen falta dos elementos adicionales además del magma; un acuífero y un sello.

El acuífero es una formación de rocas permeable –permite que el agua u otros fluidos lo traspasen-, mientras que el sello es otra capa de rocas –en este caso impermeable-.

Los tres elementos van montados uno sobre otro (el sello sobre el acuífero, y ambos sobre la fuente de calor). El agua llega a los acuíferos filtrada a través de rocas fracturadas y se almacena en ellos, calentándose y formando un reservorio geotermal.

La energía geotérmica se puede usar de forma directa –para calefacción de hogares por ejemplo-, pero también de forma indirecta para producir electricidad. Esto se consigue utilizando la fuerza que genera el vapor producido para impulsar una turbina que a su vez moverá un generador eléctrico.

1.1.3 Energía mareomotriz

Se refiere a aquella obtenida de los océanos o mares. Ésta puede obtenerse a través de las olas, las mareas, o los gradientes térmicos existentes en el agua. Así, se han desarrollado diversas tecnologías para obtener energía o electricidad de los océanos, entre las cuales están la energía mareomotriz, la undimotriz y la conversión de energía térmica de los océanos.

Energía undimotriz: El viento presento sobre la superficie de los océanos contribuye a la aparición de olas que pueden utilizarse para obtener energía. En ciertas partes del mundo, las olas son lo suficientemente consistentes para producir energía de forma continua.

Existen 5 sistemas que pueden utilizarse para generar energía de las olas; Canal cónico, columna de agua oscilante, punto de absorción, atenuadores y elementos de desbordamiento.

- El canal cónico se utiliza para introducir el agua en un depósito a cierta altura, para generar electricidad del mismo modo que en las centrales hidroeléctricas mediante una turbina Kaplan. Se consigue elevar la altura del agua mediante el estrechamiento del canal de acceso al depósito.
- La columna de agua oscilante, opera de forma perpendicular a la dirección de la ola para obtener su energía. Este tipo de sistemas se instala en la costa o cerca de ella. El agua entra a través de una apertura bajo la superficie en una cámara que contiene una columna de aire sobre el agua. La acción de la ola hace que la columna de agua presente dentro del sistema suba y baje de la misma manera que lo haría un pistón, provocando la compresión y descompresión de la columna de aire (que se emplea para mover una turbina obteniendo así electricidad).
- El punto de absorción es un sistema en el que una boya flotante mueve un cilindro fijo por la acción de las olas. El movimiento relativo se utiliza para mover sistemas electromecánicos o hidráulicos de obtención de energía. El movimiento del pistón y de la boya han de ser controlados para estar en

resonancia con las olas, maximizando así la energía obtenida. Además, el movimiento del pistón debe ser limitado para mantenerlo dentro del cilindro fijo.

- Los atenuadores son sistemas formados por segmentos flotantes unidos que trabajan paralelamente con respecto a la dirección de las olas. Los movimientos a lo largo de la longitud del elemento producen energía. La flexibilidad de las uniones entre los diferentes segmentos que lo forman provoca que bombas hidráulicas u otro tipo de convertidores generen energía. El módulo de conversión de energía se localiza dentro del elemento, protegiéndolo así del agua y las condiciones climáticas adversas.
- Los elementos de desbordamiento cuentan con embalses que se llenan de agua gracias a las olas con altura superior a la media del océano que lo rodea. El agua se libera y cae a través de turbinas de nuevo al océano. La energía generada por el agua a su paso por dichas turbinas genera electricidad.

Energía mareomotriz: Las mareas son variaciones en el nivel de los océanos. Ésta variación se puede predecir, puesto que depende de la posición de la tierra y la luna en sus respectivas órbitas. Las tecnologías que permiten aprovechar la energía existente en las mareas pueden clasificarse en dos grupos; método de presa, y método de turbina de mareas.

- El método de presa se utiliza para forzar al agua durante mareas altas a entrar en un embalse. Cuando existe la suficiente diferencia de altura entre el nivel del agua dentro del embalse y la marea se abren las puertas, permitiendo al agua fluir a través de una turbina produciendo energía de forma similar a las centrales hidráulicas.

- Las turbinas de mareas utilizan las corrientes marinas para generar electricidad. Estas turbinas cuentan con álabes, un generador y medios de transporte para incorporar la electricidad a la red. Se pueden utilizar cuatro tipos de turbinas; de eje horizontal –similar a turbinas eólicas-, de eje vertical –en las que el agua fluye de forma perpendicular al eje de rotación de la turbina-, de elevación lineal –un gran ala que se mueve arriba y abajo en un movimiento lineal y comprime el aceite en un ariete hidráulico para mover un convertidor hidráulico de energía-, y sistemas basados en Venturi –utiliza un tubo Venturi para acelerar el flujo de agua-.

Energía térmica oceánica: La energía solar almacenada en el agua del océano se convierte en energía eléctrica utilizando esta tecnología, que usa el gradiente térmico natural del océano. Las capas del agua oceánica tienen diferentes temperaturas. Así, un ciclo termodinámico puede operar gracias a esta diferencia de temperaturas haciendo funcionar un ciclo de producción de energía. Una diferencia de temperatura

de unos 20 ^{o}C entre la superficie de agua templada y las profundidades más frías puede producir una cantidad significativa de energía. El ciclo que forma este sistema puede ser cerrado, abierto o híbrido.

- Ciclo cerrado: En este ciclo, el agua templada vaporiza un fluido de trabajo (como por ejemplo el amoníaco), fluyendo a través de un intercambiador de calor (evaporador). El vapor se expande a presión moderada y mueve una turbina acoplada a un generador que produce electricidad. El vapor se condensa entonces en otro intercambiador (condensador) utilizando para ello agua fría bombeada desde las profundidades. El fluido de trabajo condensado vuelve a bombearse al evaporador para repetir el ciclo, permaneciendo en el ciclo cerrado y circulando de forma continua.
- Ciclo abierto: En este ciclo, el agua templada es el fluido de trabajo. Esta agua se evapora en una cámara de vacío para producir vapor de agua, que se expande a través de una turbina de baja presión acoplada a un generador para producir electricidad. El vapor que sale de la turbina se condensa por el agua fría bombeada desde las profundidades. Si se utiliza un condensador de superficie, el vapor condensado permanece separado del agua fría y proporciona un suministro de agua desalada.
- Ciclo híbrido: Este ciclo es una combinación de los dos anteriores. El agua templada entra en una cámara de vacío donde se evapora, de forma similar a como ocurre en el ciclo abierto. El vapor de agua vaporiza el fluido de trabajo de un ciclo cerrado, y dicho fluido de trabajo mueve una turbina para generar electricidad. El vapor de agua se condensa en el intercambiador de calor y proporciona agua desalada.

1.1.4 Energía eólica

Es aquella referida al proceso mediante el cual se captura el viento para generar electricidad. Los patrones de viento dependen de varios factores como son el terreno, los océanos o la cubierta vegetal. Edificios, plantas y montañas controlan el patrón de viento, así como su velocidad. La energía cinética del viento se captura por turbinas para generar energía mecánica y electricidad. Las turbinas convierten en primera instancia la energía cinética del viento en energía mecánica, que hace moverse un eje generando electricidad.

Basado en la velocidad del viento, los recursos eólicos se clasifican en siete clases. Cada clase se caracteriza por tener un rango de densidad energética (W/m^2) y velocidad (m/s) que describen la energía contenida en el viento. Para generar energía, se utilizan los vientos de clase 4 o superior, al menos utilizando las turbinas de las que

actualmente se dispone. Vientos de clase 3 pueden llegar a ser aprovechables con tecnologías aún por desarrollar, mientras que los vientos de clase 2 son áreas marginales y los vientos de clase 1 no son aptos para la generación de energía eólica.

Las turbinas eólicas operan por la acción del viento relativo (el viento natural y el viento causado por el movimiento del rotor y el flujo inducido en el rotor), lo cual crea fuerzas aerodinámicas en los álabes. Pueden dividirse en dos categorías dependiendo del eje alrededor del cual la turbina gira; eje horizontal o eje vertical.

- **Las turbinas de eje vertical**: Giran en el plano horizontal. Estas turbinas tienen el eje principal del rotor operando verticalmente. Cuenta con varias ventajas, como son que el generador o el multiplicador pueden situarse cerca del suelo de forma que la torre no necesita soportar su peso, o que la turbina no necesita necesariamente ser colocada en el viento. Aun así, cuenta con varias desventajas, como son el par producido en cada revolución y la resistencia aerodinámica cuando el álabe rota en el viento, además de la necesidad de un flujo de aire más bajo y turbulento, y una menor eficiencia a la hora de extraer la energía.
- **Las turbinas de eje horizontal**: Giran en el plano vertical. Durante la rotación, los álabes se mueven más rápidamente, creando un área de baja presión bajo ellos y un área de alta presión en frente de los mismos. La diferencia entre esas dos presiones crea una fuerza que produce el movimiento de los álabes. Los molinos de turbina horizontal tienen el eje principal del rotor y el generador situados en la parte más alta de la torre, y son colocados en la dirección del viento. La mayoría de ellos tiene multiplicador, que convierte una rotación lenta de los álabes en una rotación más rápida, más favorable a la hora de generar electricidad.

1.1.5 Energía solar

Es aquella que se obtiene directamente de sol mediante paneles solares, concentradores solares, etc. A pesar de que la energía solar es abundante en la superficie terrestre, utilizarla para obtener energía útil es difícil y costoso. La energía solar puede utilizarse como un recurso de energía térmica (utilizando concentradores solares) o para generar electricidad usando paneles fotovoltaicos.

Los colectores de energía solar son un tipo especial de intercambiadores de calor, que transforman la energía presente en la radiación solar en energía interna. Absorben la radiación solar, convirtiéndola en calor y transfiriendo este calor a un fluido

(normalmente aire, agua o aceite) que fluye a través de los colectores. La energía solar obtenida es llevada desde el fluido de trabajo a un tanque de almacenamiento de energía térmica. Los colectores solares pueden clasificarse según la captación de la radiación solar (no concentradores y concentradores), el movimiento (estático, de eje simple o de dos ejes) y por la temperatura de operación (temperatura baja, media y alta). Se describen a continuación los diferentes tipos de colectores estacionarios:

- **Colectores de placa plana**: En este tipo de dispositivos, cuando la radiación solar pasa a través de la cubierta transparente, una gran parte de esta radiación es absorbida por la placa y transferidos al fluido de trabajo para transportar la energía para su almacenamiento. La parte baja de la placa y el costado de la cubierta están bien aislados para evitar las pérdidas por conducción. Los tubos de líquido están conectados a ambos lados por tubos colectores de gran diámetro. La cubierta transparente se utiliza para reducir las pérdidas por convección y radiación del colector, ya que el cristal es transparente ante la radiación de onda corta recibida del sol, pero casi opaco a la radiación térmica de onda larga emitida por la placa de absorción. Los colectores deben estar orientados directamente al ecuador (al sur en el norte, y al norte en el sur).
- **Colectores de tubo evacuado**: Estos colectores solares consisten en una tubería dentro de un tubo sellado al vacío. Este tipo de colectores demuestran que la combinación de una superficie selectiva y un supresor de convección efectivo pueden resultar en un buen rendimiento a altas temperaturas. El vacío reduce las pérdidas por conducción y convección, de forma que los colectores pueden operar a temperaturas superiores a los colectores de placa plana. Al igual que éstos, se aprovechan de la radiación tanto directa como difusa, a pesar de que su eficiencia es mayor a bajos ángulos de incidencia. Los colectores estacionarios cuentan con una tubería de cobre situada en un tubo aislado al vacío, que contiene una pequeña cantidad de fluido que realiza un ciclo de evaporación y condensación. En este ciclo, el calor solar evapora el fluido, que viaja hasta un disipador de calor donde se condensa de nuevo y libera su calor latente. El fluido condensado vuelve al colector solar, donde se repite el proceso.
- **Colectores parabólicos compuestos**: El absorbedor puede tener varias configuraciones (cilíndrico o plano). Tienen la capacidad de reflejar al absorbedor toda la radiación que índice dentro de los límites del colector. Utilizando múltiples reflexiones internas, cualquier radiación que entra por la apertura dentro del ángulo útil del colector llega a la superficie del absorbedor (situado en la parte baja del colector). Este tipo de colectores se cubren

normalmente con cristal para evitar que polvo u otros materiales entren en el colector, reduciendo así la capacidad de reflexión de sus paredes.

A continuación se describen los distintos tipos de colectores con sistema de seguimiento del sol:

- **Colectores cilindro parabólicos**: Este tipo de colectores se compone de una hoja de material reflectante doblada en forma parabólica. Un tubo de metal negro, recubierto de un tubo de cristal para reducir las pérdidas de calor, se sitúa a lo largo de la línea focal del receptor. Cuando la parábola se dirige hacia el sol, rayos paralelos inciden en el reflector, desviándose al tubo receptor. Es suficiente utilizar un único eje de seguimiento para seguir al sol, y así se producen largos módulos de colectores. Estos colectores son la tecnología solar más madura para generar calor a temperaturas por encima de 400 grados, para generar energía térmica.
- **Reflectores lineales Fresnel**: Esta tecnología se basa en una serie de líneas de espejo que concentran la luz en un receptor fijo montado en una torre lineal. Un campo de este tipo de colectores puede imaginarse como un reflector cilíndrico parabólico roto, pero no tiene que tener forma parabólica, pudiendo construirse grandes absorbedores. Además, el absorbedor no tiene que moverse.
- **Reflectores de plato parabólico**: Este tipo de colector sigue el sol a lo largo de dos ejes, concentrando la energía solar en un recibidor localizado en el punto focal del plato. Este tipo de sistemas puede alcanzar temperaturas de más de 1500 grados. Debido a que siempre apuntan al sol, son el sistema más eficiente.
- **Colector de campo de Heliostatos**: Multitud de espejos planos (o heliostatos) de utilizan para reflejar la radiación solar incidente en un objetivo común. Granes cantidades de energía térmica pueden ser dirigidas hacia la cavidad de un generador de vapor para producir vapor a alta temperatura y presión, minimizando los requerimientos de transporte de energía térmica. Son muy eficientes tanto obteniendo energía como convirtiéndola en electricidad. Son bastante grandes (normalmente más de 10 MW), y se benefician de las economías de escala.

2 Alcance del estudio

En el proyecto de investigación propuesto, se investigará la posibilidad de implantar una central de biomasa en Cantabria.

Primeramente se determinará la localización idónea de una central de este tipo basándose en minimizar costes de transporte en referencia al suministro de combustible, para lo cual se tendrán en cuenta las masas arboladas de eucalipto presentes a día de hoy en la comunidad.

Para estimar la viabilidad de la implantación de la central, se estudiarán distintos factores con el fin de averiguar si es viable. El primero y más importante es el suministro de biomasa a la central, de forma que el proyecto de investigación propuesto se centrará primero en este aspecto. Se evaluarán las distintas fuentes de biomasa presentes en este momento en Cantabria, y se estudiará la posibilidad de reacondicionar otras zonas actualmente desarboladas o en mal estado de conservación, pudiéndose repoblar éstas con el fin de obtener más biomasa que pueda abastecer la central. Además del combustible, se estudiarán también las diferentes zonas a repoblar conforme a su cercanía con núcleos de población de importancia o vías de acceso a las mismas –las cuales facilitarían el trabajo de extracción de la biomasa-.

Una vez terminado el estudio, se llegará a una conclusión, determinando si es o no posible la existencia de una central de biomasa en Cantabria tomando las medidas anteriormente propuestas para aumentar la producción de biomasa de la comunidad, y no dependiendo así de suministro externo de biomasa desde otras comunidades.

3 Estado del arte

3.1 La biomasa y los biocombustibles

Se designa con el nombre de biomasa a un conjunto heterogéneo de materias orgánicas, tanto por su origen como por su naturaleza y composición, que pueden emplearse para obtener energía. Esta fuente energética se basa en el uso de la materia orgánica formada por vía biológica así como los productos derivados de ésta. En consecuencia, se consideran también biomasa la materia orgánica de las aguas residuales, los lodos de depuradora y la fracción orgánica biodegradable de los residuos sólidos urbanos, aunque dadas las características específicas de estos residuos se suelen considerar como un grupo aparte. La biomasa como materia orgánica originada en un proceso biológico (espontáneo o provocado) tiene carácter de energía renovable porque su contenido energético procede en última instancia de la energía solar fijada por los vegetales en el proceso fotosintético. Al romper los enlaces de los compuestos orgánicos, por combustión directa de biomasa o combustión de productos obtenidos de ella mediante transformaciones físicas o

químicas, para dar dióxido de carbono y agua como productos finales, se libera energía. La biomasa puede proporcionar energía mediante su transformación en materiales sólidos, líquidos y gaseosos. Los productos procedentes de la biomasa que se usan con fines energéticos se denominan biocombustibles, especialmente aquellos sólidos y gases que se aplican con fines térmicos y eléctricos.

La biomasa natural, abarca los bosques, árboles, matorrales y plantas de cultivo. Es por tanto aquella producida sin intervención humana. El problema que presenta este tipo de biomasa es la gestión y el transporte del recurso al lugar de uso, que puede provocar que la explotación de este tipo de biomasa sea inviable económicamente.

La biomasa residual es aquella generada en las actividades de agricultura y ganadería, en la industria forestal, la maderera y la agroalimentaria. Ejemplos de este tipo de biomasa pueden ser el serrín, las podas o aguas residuales urbanas. Existen dos tipos de biomasa residual, seca y húmeda.

- La **biomasa residual seca**, puede dividirse en tres subgrupos; biomasa residual forestal, agrícola y residuos de industrias agroalimentarias o de transformación de la madera. Dentro del primer subgrupo, se encuentran los restos de las principales actividades silvícolas (podas o raleos) y los restos de ramas tras la corta final en los aprovechamientos forestales.
- Se denomina **biomasa residual húmeda** a todos aquellos flujos residuales de origen orgánico resultantes de la actividad humana o animal, los cuales se pueden dar en ciudades (agua residual urbana), industrias (residuos industriales biodegradables) e instalaciones agropecuarias (residuos ganaderos). También lo son los desechos sólidos urbanos (basura orgánica), que por su alto contenido de humedad son tratados mediante procesos biológicos (en caso de que a los desechos sólidos urbanos se les dé un tratamiento previo de secado, pasan a formar parte del grupo de la biomasa residual seca).

Los biocombustibles: Se denomina biocombustibles a los productos procedentes de la biomasa y destinados a la automoción. Este tipo de productos tienen una importancia especial debido al gran consumo de carburantes derivados del petróleo para el transporte.

- **Los biocombustibles sólidos**: Los biocombustibles sólidos más importantes, combustibles de tipo primario, son los constituidos por materiales lignocelulósicos procedentes del sector agrícola o forestal y de las industrias de transformación que producen este tipo de residuos.

- **Los biocombustibles líquidos**: Se denominan biocombustibles líquidos o biocarburantes a una serie de productos de origen biológico utilizables como combustibles de sustitución de los derivados de petróleo o como aditivos de éstos para su uso en motores.
- **Los biocombustibles gaseosos**: El biogás es una fuente de energía obtenida a base de desechos orgánicos. Cuenta con numerosos beneficios y es una forma de energía limpia y renovable. Se obtiene a partir de la digestión anaeróbica de los materiales orgánicos. Este recurso energético es una mezcla de dióxido de carbono y metano. Es utilizado como combustible, presenta un valor calorífico de 23 MJ/Kg y posee un potencial de calentamiento 25 veces superior al del dióxido de carbono.

3.2 Estudio de inventariado de bosques (por especies)

La superficie arbolada de Cantabria se compone de diferentes formaciones arbóreas, que se han agrupado en quince formaciones dominantes atendiendo principalmente a criterios de especie/s principal/es y estructura de la masa (en casos específicos como los bosques de ribera o las repoblaciones de producción).

Eucaliptales (*Eucalyptus spp*.)

Los eucaliptales son la principal formación arbolada en superficie de Cantabria, ocupando casi 40.000 hectáreas (un 19% de la superficie arbolada), que suponen el 24% de los pies mayores de la provincia, el 18% de su volumen maderable y el 21% de sus pies menores.

Bosques mixtos de frondosas autóctonas

Los bosques mixtos de frondosas autóctonas son una formación presente por todo el territorio cántabro, sobre el que ocupan el 17% de su superficie arbolada en exposición preferentemente de umbría (60% frente al 40% de sollana). El avellano y la encina (*Carylus avellana* y *Quercus iles* respectivamente) son las especies más abundantes en número, aportando en concreto gran cantidad de pies menores y pies en la clase diamétrica 10, ya que debido a sus portes característicos es frecuente que presenten pies adultos con diámetros muy reducidos. Otras especies importantes en las mezclas son hayas y robles (*Fagus sylvatica* y *Quercus robur*), sobre las que recae el peso principal del volumen maderable de la formación.

Hayedos (*Fagus sylvatica*)

En Cantabria los hayedos ocupan el 15% de la superficie forestal arbolada, presentándose en las zonas de mayor altitud, desde el oeste, en Picos de Europa, hacia el Este por toda la Cordillera Cantábrica, más de la mitad de la superficie de esta formación se sencuentra en altitudes comprendidas entre los 800 y 1200 metros y casi el 75% en exposición de umbría.

Son la segunda formación con mayor volumen maderable por hectárea, sólo superada por los pinares de *Pinus radiata*, lo que conlleva que los hayedos sean la formación que más volumen de madera aporta a la provincia, el 23% de las existencias totales siendo sin embargo la tercera formación en número de pies mayores.

Robledales de *Quercus robur* y/o *Quercus petraea*

Los robledales se distribuyen prácticamente por toda la provincia, densificando su presencia en las zonas centrales, al norte y al sur de la cordillera Cantábrica. Ocupan más de 27.000 hectáreas que suponen el 11% de los robledales a nivel estatal. El 70% de su superficie se encuentra entre los 200 y 800 metros de altitud, y aunque son más las masas en umbría, no existe una exposición claramente dominante.

La presencia de bosques de *Quercus robur* o *Quercus petraea* es muy similar, pudiendo aparecer también hibridados. Cabe destacar también la presencia del avellano (*Carylus avellana*) en estas formaciones con presencia abundante de pies menores y pies en las primeras clases diamétricas.

Melojares (*Quercus pyrenaica*)

El melojo presenta en Cantabria 27.000 hectáreas de masas bastante puras, sin una preferencia clara en cuanto a la exposición, aunque es ligeramente mayor la de solana, de las cuales más de la mitad aparecen en fracciones de cabida cubierta superiores al 70%, y un 13% corresponden con masas en estado de monte bravo o repoblado.

Los melojares se presentan mayoritariamente en dos localizaciones diferenciadas: al oeste, en el centro de la comarca de Liébana, bordeados por los Picos de Europa y la Cordillera Cantábrica, y al sur de la provincia, en zonas de altitud media (el 90% en superficie se concentran entre los 600 y los 1.200 metros de altitud).

Encinares (*Quercus ilex*)

Los encinares en Cantabria aparecen localizacos en tres zonas de la provincia: en manchas dispersas al este y al oeste, y en una zona muy localizada al sureste, a ambos lados del río Ebro. Aunque la presencia de encina es mayoritaria en estos bosques, existen algunas especies acompañantes con cierta relevancia en pies menores, frondosas de porte menor agrupadas con el nombre “Otras frondosas” como el laurel o el labiérnago (*Laurus nobilis* y *Phillyrea latifolia* respectivamente).

Pinares de *Pinus radiata*

En Cantabria existen algo más de 9.000 hectáreas de plantaciones de *Pinus radiata*, repartidas de forma homogénea por toda la zona central de la provincia, en cotas por lo general no superiores a los 600 metros y en exposición preferentemente de umbría. Estos pinares son la formación con mayores existencias en volumen por hectárea,

alcanzando los 252 metros cúbicos. El *Pinus radiata* presenta escasa regeneración natural lo que propicia la introducción de regeneración de frondosas autóctonas en sus masas, tal como evidencia la abundancia de pies menores de estas especies.

Pinares de pino albar (*Pinus sylvestris*)

Con una extensión similar a los pinares de *Pinus radiata*, el pino albar se distribuye por loa mitad sur de la provincia en altitudes por lo general superiores a los 800 metros y exposición mayoritaria de solana, formando masas con fracciones superiores al 70% en su mayoría. Es descatable la importancia del *Quercus robur* como especie acompañante, su alto porcentaje de presencia en pies menores evidencia el avance de la frondosa en aquellas zonas más meridionales, donde ambas especies comparten condiciones óptimas.

Bosques ribereños

Se denomina bosques ribereños a aquellas formaciones arboladas ligadas a la existencia de recursos de agua. Aparecen distribuidos de forma más o menos uniforme por todo el territorio provincial, generalmente en cotas inferiores a los 400 metros, y se caracterizan por la presencia mayoritaria de alisos (*Alnus glutinosa*), sauces (*Salix atrocinerea*) y avellanos (*Corylus avellana*).

Avellanedas (*Corylus avellana*)

Las avellanedas ocupan en Cantabria 1.700 hectáreas en puntos dispersos de la mitad occidental, en exposición generalmente de umbría y cotas desde el nivel del mar hasta los 1.200 metros. Aunque a nivel provincial esta superficie supone menos del 1% del territorio arbolado, a nivel estatal las avellanedas de Cantabria suponen más del 18% total de bosques puros de esta especie.

Como es habitual en esta especie, muchos de sus pies son clasificados como pies menores por tener diámetros inferiores a 75 milímetros, algo que también se refleja por la abundancia de pies en las primeras clases diamétricas y que provoca que el porcentaje de presencia en volumen con corteza sea inferior al 30% a pesar de tratarse de una formación pura. En este sentido, la densidad de pies menores por hectárea en estos bosques es con mucha diferencia la mayor entre todas las formaciones arboladas de la provincia.

Abedulares (*Betula spp.*)

En Cantabria los bosques puros de abedul aparecen casi exclusivamente en las estribaciones de la Cordillera Cantábrica, en una franja de noroeste a suroeste, ocupando unas 1.200 hectáreas preferentemente en zonas umbrosas por encima de los 1.000 metros. Son masas muy puras, pero con una pequeña proporción de pies

menores entre sus existencias, lo que podría significar un problema futuro para la regeneración natural de las mismas.

Castañares (*Castanea sativa*)

Los castañares presentan una superficie muy parecida a los abedulares, pero con una distribución dispersa por el centro y norte de la región, en zonas umbrosas de altitud inferior a los 600 metros en su mayoría. El castaño es la especie principal, pero también existe presencia significativa de otras especies como roble, melojo y avellano (*Quercus robur*, *Quercus pirenaica*, y *Carylus avellana*).

Acebedas (*Ilex aquifolium*)

En Cantabria hay menos de 800 hectáreas de masas puras de acebo, lo que supone sólo el 0,4% de todos los bosques de la provincia. Sin embargo, estas masas adquieren importancia a nivel estatal, pues suponen más del 18% de todas las acebedas presentes en España.

En su mayoría, se sitúan entre los 400 y los 1.200 metros de altitud, en exposiciones de umbría.

3.3 Descripción de una planta de biomasa

Las plantas de biomasa son centrales térmicas que utilizan biomasa como combustible. Se expone a continuación el proceso de generación de vapor, funcionamiento de la turbina, condensación, precalentamiento, etc. Una planta de biomasa cuenta principalmente con tres edificios; el almacén de biomasa, la caldera y la turbina. Las oficinas y salas eléctricas pueden estar situadas en este último edificio.

- **La caldera**: En la caldera se produce la combustión de la biomasa. Se proyecta ajustada a las características del combustible a utilizar. Está formada por paredes construidas con tubos verticales por los que circula agua líquida de abajo hacia arriba y en los que, por efecto del calor, dicho agua se evapora. Están revestidos de aislante en el exterior.
- **La salida de los gases de combustión**: se lleva a cabo a través de una chimenea, a la cual llegan tras atravesar diferentes partes de la caldera (economizador, precalentador, etc.) aprovechando parte de su energía para calentar el aire de entrada para la combustión. Los gases se depuran antes de ser enviados a la atmósfera mediante un sistema de filtros de mangas, que retienen partículas sólidas de hasta una micra (cenizas volantes). Dichas cenizas volantes son ricas en potasio, y se recogen en contenedores que se transportan para su posterior procesado.

- **La turbina**: El vapor llega a la turbina a cierta presión y temperatura, y a medida que va a travesando la turbina, durante su expansión va produciendo el giro del rotor. La turbina consta de filas de álabes en el rotor con sus correspondientes en las etapas fijas de la turbina. Son de diferente tamaño, y se distribuyen intercalando etapas de álabes fijos con etapas de álabes móviles en el rotor. De esta forma, se consigue la reducción progresiva de potencia, pasando el vapor de unos a otros de modo que el salto térmico a cada paso sea reducido, consiguiendo una producción de potencia en cada paso que permita un giro del conjunto a unas determinadas revoluciones por minuto.
- **Generador y centro de transformación**: El giro de la turbina llega, a través del reductor al generador en el que el movimiento del rotor induce la corriente en los bobinados del estator. Éste tendrá un número determinado de pares de polos, lo que provocará la generación de corriente. La central operará ligeramente por debajo de su potencia nominal, necesitando una parte de la potencia para el autoconsumo de la planta, siendo el resto enviado a la red previa transformación a alta tensión. En la subestación general se incorpora a la red eléctrica.
- **Instalaciones complementarias**: Una central de biomasa requiere un conjunto de instalaciones complementarias. La primera de ellas es la toma de agua de refrigeración para el condensador, que se puede tomar de ríos cercanos siendo después bombeado al circuito de refrigeración, y tas ser calentado se devuelve al canal.

4 Estudios de detalle

4.1 Estudio socioeconómico

En este estudio se evaluarán los principales núcleos de población existentes en Cantabria, así como la evolución de su población a lo largo del tiempo y las principales actividades que se desarrollan en cada uno de ellos.

Santander: Como municipio con mayor población se sitúa Santander, capital de la región, y que consta de aproximadamente 175.000 habitantes –lo cual supone en torno a un 30% de la población total de Cantabria-. Su tendencia demográfica se encuentra prácticamente estancada desde 1981, con un decrecimiento de la población natural que se compensa con un índice muy positivo de inmigración extranjera. Más del 70% de la población activa de este municipio trabaja en el sector terciario, de forma que la dependencia económica del comercio y los servicios por parte de Santander es muy alta.

Torrelavega: es el segundo municipio con más población de Cantabria (unos 54.000 habitantes, equivalente a un 9,2% del total de la población cántabra). Se trata de una ciudad industrial y comercial. Su tendencia demográfica se encuentra estancada desde el año 2000, produciéndose en la actualidad una ligera pérdida de población a favor de los municipios limítrofes. Desde el año 1990 hasta el año 2010, Torrelavega ha perdido 4.109 habitantes (equivalente a un 6.8% de su población). La escasez y el encarecimiento de las viviendas en el núcleo urbano han desembocado en un proceso de desplazamiento de la población a los municipios de su entorno más cercano.

Castro Urdiales: es el tercer municipio con más población de Cantabria, ya que cuenta con aproximadamente 31.500 habitantes. En el caso de Castro Urdiales, y debido a su proximidad con el área metropolitana de Bilbao, la población flotante (que reside en el municipio pero no está empadronada en él) es mucho mayor que la población de derecho, lo que implica que los servicios municipales del ayuntamiento se vean desbordados por el incremento de la población en la época estival. Ha de tenerse en cuenta que esta población flotante (que ronda los 38.000 habitantes) no se contempla en el censo elaborado por el Instituto Nacional de Estadística, de forma que la población real de Castro Urdiales se encuentra en torno a los 70.000 habitantes.

Camargo: El municipio de Camargo cuenta con más de 30.000 habitantes, y se caracteriza por haber sufrido un constante y acelerado aumento en su número de habitantes a lo largo del último siglo. Este incremento es muy superior al registrado en el conjunto de Cantabria. Desde el punto de vista espacial destaca la elevada densidad de población del municipio (más de 700 habitantes por km^2. En las dos últimas décadas, y a pesar de la reestructuración de la industria, se ha producido un fuerte crecimiento demográfico que se debe al trasvase de población desde la ciudad de Santander a los municipios de su entorno inmediato.

Piélagos: es un municipio que en la actualidad cuenta con aproximadamente 25.000 habitantes. La evolución demográfica del municipio ha estado marcada a lo largo de todo el siglo XX por el crecimiento constante, a excepción del período comprendido entre 1960 y finales de la década de los ochenta, en el que se produjo un descenso poblacional como consecuencia de los problemas industriales registrados en las empresas ubicadas en el municipio. Desde 1990, la caída de la natalidad ha quedado compensada con una mortalidad estancada en valores medios y unos saldos migratorios positivos ligados a su cercanía a Santander y a las buenas comunicaciones, que ha hecho que pueblos como Mortera, Boo y Liencres se hayan convertido en ciudades dormitorio. Estos saldos migratorios han sido más acusados en el último decenio, explicando la progresiva tendencia de este municipio, que ha experimentado un incremento del 20% en sus efectivos demográficos.

El Astillero: es un municipio de unos 20.000 habitantes, equivalente aproximadamente a un 3% del conjunto de la población total de Cantabria. En el núcleo de población de El Astillero viven unas 12.000 personas (aproximadamente un 68% de la población del municipio). Este número se incrementó fuertemente entre los años 1960 y 1996, pero sin embargo a finales de la década de los 90 se produjo un leve retroceso, suavizado estos últimos años por los saldos migratorios positivos de jóvenes parejas que se han establecido en el municipio.

Santa Cruz de Bezana: es un municipio que cuenta en la actualidad con unos 13.000 habitantes. Este municipio ha experimentado un aumento bastante importante de habitantes a partir del año 1981 (año en el que contaba con 3.651 habitantes), hasta el 2000, año en el que la población rondaba los 10.000 habitantes. La explicación principal del incremento poblacional del municipio reside en los saldos migratorios positivos de una población de perfil adulto-joven, lo que redunda en una tasa de natalidad superior al índice de mortalidad.

Laredo: El municipio de Laredo (12.000 habitantes aproximadamente), ha experimentado un continuo crecimiento a lo largo del siglo XX, de forma que a finales de los años 70 ya contaba con más de 10.000 habitantes. Dicha ascensión tuvo su final en el año 1991 (año en que alcanzó más de 13.000 habitantes), para después descender su población. En este municipio, fundamentalmente turístico, el número de residentes se multiplica durante los períodos vacacionales llegando a alcanzar en algunos momentos cerca de 200.000 personas.

Los corrales de Buelna (11.500 habitantes aproximadamente), es un municipio que presenta un perfil demográfico equilibrado, lo que significa que en los últimos años apenas ha experimentado variaciones, manteniéndose en torno a los 10.800 habitantes. No obstante, a lo largo de este último siglo el municipio ha cuadriplicado su población, coincidiendo con el desarrollo industrial del municipio. Además del impulso empresarial del municipio, sus favorables comunicaciones han sido determinantes para este incremento poblacional.

Santoña: El municipio de Santoña, cuenta con unos 11.400 habitantes, y es el último municipio que consideraremos de relevancia dentro de la comunidad autónoma de Cantabria. La expansión de las conserveras ha hecho que este municipio haya experimentado un fuerte crecimiento en las primeras décadas del siglo XX, rondando la cifra de los 11.000 habitantes, cifra que se mantiene debido a la escasez de suelo de Santoña, que condiciona cualquier expansión urbanística.

4.2 Estudio del medio

4.2.1 Clima

En Cantabria, las condiciones climáticas son de tipo atlántico, templado-húmedo. Estas aparecen condicionadas en gran medida por la orografía y por su proximidad al mar.

Uno de los factores característicos del clima de la región es la sucesión de diferentes tipos de tiempo en un solo día. Aun así, los tipos de tiempo predominantes de la región se pueden agrupar en dos grandes conjuntos; los que generan situaciones húmedas, y los que generan situaciones secas.

Las situaciones húmedas son provocadas por los vientos húmedos de origen marino que son empujados hacia la cordillera Cantábrica. Para remontarla, los vientos ascienden, se enfrían y generan una condensación en forma de nubes y precipitación, en ocasiones persistente. Pueden diferenciarse cuatro situaciones húmedas en función de su origen:

- Borrascas atlánticas, que se suceden durante todo el año. Las zonas menos afectadas son los valles de Liébana, Campoo y Valderredible.

- Temporales del norte, que en invierno generan grandes nevadas acompañadas de fuertes temporales en el mar. El área septentrional y Liébana, son las más protegidas ante estas situaciones.

- Situaciones cantábricas, particulares de la vertiente cantábrica en la que principalmente los meses de verano aportan la mayor parte de las precipitaciones que tienen lugar.

- Tormentas, que aunque tienen lugar en zonas costeras, son más frecuentes en las zonas interiores de montaña.

Por otro lado, las situaciones secas son generadas principalmente por los vientos de procedencia E, NE y S.

4.2.2 Vegetación

Para describir la cobertera o paisaje vegetal de la región se pueden establecer cuatro pisos u horizontes bioclimáticos; el colino, el montano, el subalpino y el alpino.

- **El piso colino** se desarrolla entre el nivel del mar y los 300-600 metros de altitud. Aquí abundan los prados de siega que han ido sustituyendo a los antiguos bosques planocaducifolios, como consecuencia de su intenso

aprovechamiento. Este piso es el más transformado, por lo que la vegetación presenta un alto grado de alteración.

- **El piso montano** se desarrolla entre los 500 y los 1600 metros de altitud. Entre estas cotas, el paisaje vegetal se adentra en zonas más abruptas, donde los prados de siega se ven reducidos y dominan los brezales, vegetación que aparece tras la regresión de antiguos bosques que cubrían las laderas. Estos bosques aparecen en retazos, sobremanera en las cabeceras de los valles y zonas de gran pendiente y limitando con pastizales de cotas más elevadas.
- En el **piso subalpino**, entre los 1600 y 1800 metros de altitud, las masas arboladas dan paso a los matorrales y a los pastos de montaña que dependen casi exclusivamente de las condiciones del sustrato sobre el que se desarrollan. En las montañas calizas, que se reducen al macizo de los Picos de Europa, aparece el enebral (Juniperus communis) acompañado de gayuba (Arctostaphylos uva-ursi). En su etapa regresiva, producto del pastoreo y de los incendios, estas especies aparecen sustituidas por un pastizal en el que aparecen numerosos endemismos entre los que destaca la aulaga (Genista occidentalis) y la Genista legionensis.
- En el **piso alpino**, aparece en las cumbres más elevadas de los Picos de Europa y Peña Prieta entre los 2200 y 2400 metros de altitud. El escaso desarrollo de los suelos, producto de las fuertes pendientes y la presencia de nieve, imposibilita el desarrollo de especies vegetales de porte leñoso, y genera la aparición de pastizales que dependen del sustrato calizo de los Picos de Europa o el silíceo de la cumbre Peña Prieta.

4.2.3 Fauna

La región posee un gran valor desde el punto de vista faunístico producto de la gran diversidad de biotopos. Como en el resto del país, la paulatina transformación a la que están siendo sometidas las diferentes comarcas rurales, está poniendo en serio peligro la supervivencia de numerosas especies silvestres y protegidas -caso del oso, el águila real o el urogallo-.

En la franja litoral o zona de marismas, estuarios y ríos, de gran valor ecológico, aparecen una gran cantidad de seres vivos casi microscópicos, que son la base de la cadena alimenticia de la zona litoral. La comunidad de peces depende de ello, por lo que su destrucción está vinculada de forma directa con la disminución de éstos. Por otro lado, en las zonas de marisma se ubican las aves migratorias en su paso estacional de Europa hacia África, por lo que el valor ornitológico de estas zonas es muy elevado.

Los campos dunares, también en la franja litoral y de dimensiones reducidas, presentan una fauna muy específica, entre la que destacan varias especies de reptiles. Se localizan en las dunas de Liencres, Somo-Loredo y Oyambre.

Otro de los ecosistemas de la zona litoral es el acantilado, donde se refugian especies silvestres de otros ecosistemas –caso del halcón peregrino, el cernícalo y la marta-.

La intensa actividad humana en los niveles bajos de la región, han determinado que el mayor valor faunístico lo presenten los mamíferos depredadores de pequeño y mediano tamaño, que se localizan en los pequeños bosques de esta zona.

Las zonas de mayor interés faunístico aparecen entorno a los cursos altos y medios de los ríos que vierten al mar, así como en las cabeceras de éstos. Asociada a los bosques de frondosos, aparecen numerosas especies de vertebrados autóctonos, verdaderos valores faunísticos de la región. Entre ellos se encuentran los siguientes; el lirón careto, el armiño, el gato montés, el lobo, el oso, el buitre leonado, el urogallo, el corzo, el ciervo, el búho real y el águila real. El retroceso de zonas de bosque, está generando que alguno de los animales mencionados se encuentre en peligro de extinción.

4.2.4 Los espacios protegidos

La red de espacios protegidos en Cantabria ocupa una superficie repartida en 3 municipios, de 56847 ha, representando un 10,64% de la superficie total de la comunidad. Dichos espacios se detallan a continuación:

- **Parque Natural de Liencres**: este parque Natural ha sido el primer espacio protegido declarado por la administración cántabra en 1986. Su existencia se fundamenta en un complejo dunar de alto grado de naturalidad y conservación. Contradictoriamente, los alrededores de este parque aparecen fuertemente antropizados en función del crecimiento urbanístico de los núcleos más próximos a él. El parque se inscribe dentro del municipio de Piélagos.
- **Parque Natural Saja-Besaya**: declarado en el año 1988, aparece situado sobre la cadena montañosa que separa las cuencas de los ríos Saja y Besaya en sus tramos medio y superior, y en el suroeste de los montes de Palombera, Saja, y los puertos de Sejos. El rasgo más característico de este parque es su variedad en cuanto a exosistemas. Además, es el parque que ocupa una mayor dimensión dentro de la comunidad, afectando a 6 municiìos (Ruente, Cabuérniga, Los Tojos, Hermandad de Campoo de Suso, Arenas de Iguña y Cieza), así como a la Comunidad Campoo.Cabuérniga.
- **Parque Natural de Oyambre**: declarado en 1988, se sitúa en el litoral occidental de Cantabria, y afecta a cinco municipios (Val de San Vicente, San Vicente de la Barquera, Valdáliga, Comillas y Udías). Aparece dividido en dos sectores; el oriental, en el que se sitúa la playa de Oyambre y su flecha litoral que aparece casi cerrando a la ría de la Rabia al este y a la del capitán al oeste. Al sur de la Ría de la Rabia, el monte corona se configura como la zona de protección forestal del parque. En este monte existen importantes masas de

roble y bosque mixto que se intercalan con grandes repoblaciones de roble americano, eucalipto y pino de Monterrey.

- **Parque Natural del Macizo de Peña Cabarga**: Este parque, desarrollado sobre 4 municipios (Villaescusa, Penagos, Liérganes y Medio Cudeyo), aparece situado sobre un macizo kárstico al sur de la bahía de Santander y alcanza su cota máxima en el Pico Llén de 560 metros de altura. Es de destacar su fuerte pendiente en los tramos medio y superior, tanto de su vertiente norte como de la sur. Fue declarado en 1989.
- **Parque Natural de las Marismas de Santoña, Victoria y Joyel**: la importancia de este parque, declarado en 2006, radica por una parte en sus humedales, conformados por las marismas situadas en el estuario del río Asón y en Noja y Arnuero. Son sin duda, los de mayor trascendencia para las aves acuáticas migratorias de todo el litoral de Cantabria. Se desarrolla en diez municipios (Escalante, Santoña, Noja, Arnuero, Argoños, Bárcena de Cicero, Voto, Colindres, Limpias y Laredo). En este ámbito se pueden diferenciar aproximadamente 60 especies de aves. Por otra parte, constituyen una gran fuente de recursos para el marisqueo y la pesca, además de desempeñar la función de exportar materia y energía al mar.
- **Parque nacional de los Picos de Europa**: este parque, declarado en 1995, afecta a 15381 ha de territorio cántabro, y se desarrolla en tres municipios (Tresviso, Cillórigo Castro y Camaleño). El resto pertenece a las provincias de Asturias y León.
- **Parque natural de los Collados del Asón**: Es el último de los Parques Naturales declarados en Cantabria (1999). Desarrollado sobre el municipio de Soba, reúne valores naturales y paisajísticos importantes, siendo este último uno de sus mayores atractivos.

4.3 Hidrografía

La particular estructura de los ríos y sus respectivas cuencas en Cantabria, aparecen determinadas por la proximidad y el paralelismo de los montes y cordilleras cántabras a la costa, configurando cauces perpendiculares a ambos.

Aunque la superficie de Cantabria pertenece a tres cuencas –la cuenca Norte o Cantábrica, la Atlántica y la del Ebro-, en relación a la planificación en materia hidrográfica realmente lo hace a diez cuencas fluviales –Ebro, Duero, Agüera, Asón, Miera, Pas, Saja-Besaya, Gandarillas, Nansa y Deva-. Las ocho últimas pertenecen a la denominada Cuenca Norte, en las que se incluyen todos aquellos ríos que vierten sus aguas al mar Cantábrico y al Atlántico Norte. La superficie que ocupa los terrenos pertenecientes a la cuenca del Duero es muy pequeña, afectando sólo al Camesa.

De los ocho ríos que pertenecen a la cuenca Norte, cinco tienen su recorrido completo sobre territorio cántabro, y los otros tres tienen una parte de su recorrido en provincias limítrofes. Es el caso del Agüera y el Asón, cuya parte de sus terrenos en Vizcaya es pequeña, pero no el caso del Deva en Asturias, que es bastante importante.

Los ríos de la vertiente cantábrica vierten sus aguas al mar cantábrico a través del litoral. Sus cursos, paralelos unos a otros, de recorrido corto y fuerte pendiente en sus cabeceras, presentan una orientación dominante S.N. Entre los ríos que drenan a la vertiente cantábrica, se distinguen el Agüera, el Asón, el Campiazo, el Miera, el Pas, el Saja, el Besaya, el Escudo, el Nansa y el Deva.

Los fuertes desniveles de las cuencas de los ríos de la vertiente cantábrica, proporcionan a los cauces un marcado carácter torrencial y una gran capacidad de modelado, originando valles muy encajados en algunas zonas.

Los ríos de mayor entidad que atraviesan la franja litoral por anchos valles desembocando en el mar, dan lugar a la génesis de estuarios de cierta extensión, caso de la ría de Oriñón o la desembocadura del río Agüera. Los humedales en estas zonas constituyen ecosistemas litorales de gran interés.

La vertiente mediterránea aparece representada y constituida por los aguas del curso superior del río Ebro. Este río, considerado como el más caudaloso de nuestro país, tiene su nacimiento y el desarrollo de sus primeros kilómetros en el territorio de la Comunidad Autónoma de Cantabria.

La cuenca del Duero ocupa una superficie muy pequeña en el sector meridional de la región, y está constituida por las aguas del río Camesa.

4.4 Edafología

Atendiendo a una clasificación detallada de las tipologías de suelos, como la basada en las categorías establecidas por la F.A.O, la tipología dominante se corresponde con el cambisol (o tierras pardas), que ocupa una extensión de unos 2760 km^2, lo cual representa algo más del 50% del territorio de la comunidad autónoma. Le siguen en importancia el Ranker (813 km^2) y los Litosoles (744 km^2).

Los cambisoles, que son los suelos más característicos de Cantabria, presentan un perfil A/(B)/C y son bastante profundos. Dependiendo del sustrato a costa del que se han formado pueden distinguirse, a su vez, tres grandes grupos:

- **Los cambisoles dístricos**, se desarrollan sobre rocas ácidas (areniscas, arcillas, limolitas), y están bien humificados aunque son pobres en nutrientes. Son

frecuentes en todo el litoral (Cabo Oyambre, Miengo, Bareyo). Presentan una buena aptitud para prados salvo en las áreas de más pendiente.

- **Los cambisoles eútricos**, se forman sobre sustratos carbonatados, su materia orgánica está bien humificada y son ricos en nutrientes. Muy fértiles, resultan excelentes para cualquier uso agrario habitual. Sus mayores extensiones aparecen alrededor de la bahía Santanderina (Ribamontán al Mar, Marina de Cudeyo).

- **Cambisoles húmicos**: Típicos suelos forestales sobre sustrato silíceo, ricos en materia orgánica bien humificada, muy ácidos y pobres en nutrientes. Son habituales de zonas de altitud media en el interior (Monte Corona).

Los fluvisoles (o suelos de vega), son profundos y no suelen presentar horizontes claramente diferenciados. Se forman sobre fondos de valle y son el resultado de los depósitos abandonados por las sucesivas crecidas, abundando en limos y arenas. Aunque son pobres en nutrientes, se mantienen húmedos todo el año y resultan fértiles y fáciles de trabajar.

Los litosoles (cañlizas o silíceos) coinciden con áreas en las que el roquedo desnudo predominante alterna con pequeñas superficies discontinuas de suelo. Estos suelos presentan un perfil C o (A)/C. Típicos en garmas y macizos calizos del oriente regional, soportan –en caso de disponer de un mínimo horizonte húmico- interesantes masas forestales o preforestales (encinares principalmente pero también hayedos en los emplazamientos más húmedos). Son suelos muy frágiles y discontinuos, incompatibles con los usos agrarios habituales.

Los luvisoles son suelos A/(B)/C bien humificados y con horizonte B de acumulación de arcillas compacto y plástico. Muy descalcificados y ligeramente ácidos, son fértiles y, bien manejados, pueden dar buenos rendimientos. Sin embargo, son también muy erosionables por lo que en áreas pendientes deben conservar (o en su caso recuperar) su cubierta forestal. En la zona oriental predominan los luvisoles árticos (o "terra fusca") de típico color pardo-amarillento mientras que en la occidental aparecen los crómicos (o "terra rossa"), de color rojo, que suelen estar asociados a grandes depresiones kársticas.

Los phaeozems (o tierras pardas calizas), son suelos A/(B)/C muy espesos, ricos en nutrientes y en materia orgánica bien humificada, que se forman sobre margas y calizas arcillosas. Son muy fértiles y poco erosionables, por lo que resultan excelentes

para cualquier uso agrario. Aunque no son muy habituales en Cantabria, resultan significativos en el área de Miengo, Suances y Santillana.

Los rankers son suelos cuyo horizonte de humus se asienta directamente sobre la roca madre, de naturaleza silícea. Estos suelos, cuyo espesor oscila entre 10 y 50 cm, tienen perfil A/C, presentando una saturación inferior al 50% y pH muy ácido. Se sitúan entre las cumbres montañosas o en sus laderas, en terrenos de fuerte pendiente, por lo que están sometidos a procesos de erosión. Las texturas varían de franco.arenosas a arenosas, y al ser muy lavados resultan pobres en elementos nutritivos, por lo que su aprovechamiento se limita al forestal con especies rústicas o al mantenimiento de la cubierta natural con brezal o monte bajo.

Los regosoles proceden de materiales no consolidados, como acumulación de derrubios de ladera y materiales glaciares, así como de rocas blandas. El perfil está poco diferenciado siento además la humificación limitada. En el territorio de la comunidad autónoma se distinguen 3 tipos:

Calcáreos, de pH básico y ricos en carbonato cálcico.

Dístricos, que con un pH ácido son los más pobres en elementos nutritivos y los más abundantes.

Eútricos, de pH neutro, y formados a partir de las margas irisadas de Keuper.

La estructura inestable de estos suelos y su gran tendencia a erosionarse, los hace difícilmente aprovechables si la topografía no es favorable.

Por último **las rendsinas**, que son suelos con perfil y profuncidad parecidos a los rankers, pero con el horizonte A descansando sobre litologías ricas en carbonato cálcico (calizas o dolomías, generalmente). Presentan una solución superior al 50%, pH básico o ligeramente ácido, y un horizonte A bien humificado. Al ocupar zonas de fuertes pendientes sufren también los riesgos de la erosión. Además, su pequeño espesor condiciona su aprovechamiento para pastos y repoblación forestal, principalmente.

5 Viabilidad del proceso productivo de implantación de una central de biomasa

5.1 Posibles zonas de implantación

A la hora de establecer un emplazamiento para la central se tendrán en cuenta varios criterios, como son la producción de biomasa de las zonas colindantes, los accesos al emplazamiento escogido, o la demanda de las poblaciones cercanas.

- **La altitud**: Se trata de un factor de gran importancia. Como se ha mencionado anteriormente, el eucalipto en cualquiera de sus especies no se desarrolla por encima de 1000 – 1100 metros de altitud, lo que reduce mucho su área de crecimiento. Sería por tanto ilógico situar la central en un lugar donde es imposible producir el combustible que la alimenta, y es por ello que toda la zona sur de la comunidad queda excluida como posible ubicación.
- **Los espacios protegidos**: Incluyen zonas en las que no sería posible la implantación de la central, ya sean parques, reservas naturales o espacios protegidos por la Red Natura 2000.
- **La demanda**: A la hora de establecer el emplazamiento de una central de producción energética, ha de tenerse en cuenta también que la energía generada debe ser volcada posteriormente a la red, y transportada a cada uno de los puntos de demanda. Debido a esto, es lógico que la central se sitúe cerca de dichos puntos de demanda, de forma que el volcado de la energía a la red se realice de forma sencilla y poco costosa (circunstancias que no se darían en caso de situar la central en un punto alejado de las zonas más pobladas de la comunidad, lo que requeriría una gran inversión en líneas eléctricas para el transporte de la energía generada).
- **Los accesos**: Los accesos son otra variable de importancia a tener en cuenta a la hora de buscar un emplazamiento para una central. La existencia de carreteras o autovías cerca de la zona escogida pueden ser de gran utilidad desde el momento en que la central comienza a construirse (ya que facilita bastante el acceso a la zona de obras por parte de la maquinaria, así como el transporte de materiales). Además, y una vez construida la central, ésta ha de ser provista de recursos para ser capaz de producir energía. El suministro de dichos recursos será más sencillo cuanto mejores sean los accesos a la planta.
- **La producción**: Las centrales de biomasa generan energía a partir de residuos (en este caso madera), por lo que necesitan un suministro continuo de dichos residuos. La madera que emplean las centrales de biomasa se extrae de los restos que otras industrias (como la papelera) no pueden aprovechar. Por tanto, cualquier zona de aprovechamiento maderero es susceptible de producir biomasa. En la actualidad el árbol más utilizado para este tipo de explotaciones

es el eucalipto (ya sea *eucalyptus globulus* o *eucaliptus nitens*), debido a sus cortos ciclos de corta y a su rápido crecimiento.

6 Cálculos para determinar el emplazamiento idóneo de la central

A la hora de establecer el mejor emplazamiento para situar la central, se tendrá en cuenta que el combustible del cual se alimenta es la biomasa. Por tanto, se buscará la máxima proximidad a las zonas de extracción de la misma. Ya se ha incluido en este estudio las zonas que cuentan con eucaliptos, situadas todas en la zona norte de la comunidad.

Dentro del conjunto total de población de eucaliptos, pueden diferenciarse cuatro zonas de congregación de los mismos. El emplazamiento ideal de la central será en el punto que se sitúe lo más cerca posible de estas cuatro zonas, teniendo asimismo en cuenta que unas áreas estarán más pobladas de eucaliptos que otras.

La zona idónea vendrá determinada por el centro de gravedad que tenga en cuenta las cuatro zonas. Para ello, se han calculado las áreas de cada una de las zonas con AutoCad; el primer paso fue dimensionar la imagen acorde a la escala gráfica presente en la misma, de forma que las medidas obtenidas fuesen reales. Después, se dibujaron con polilíneas cada una de las manchas presentes en el mapa. A continuación, con la herramienta medir área se calculó el área de cada mancha, obteniendo el área de cada una de las cuatro zonas marcadas. Los resultados se presentan en la siguiente tabla:

ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4
5,028	0,522	47,42	0,23
0,926	0,124	1,326	1,099
1,093	0,051	0,075	0,153
0,416	1,319	0,794	0,346
0,43	2,321	0,195	16,634
0,416	34,735	0,193	0,153
0,52	0,088	0,237	2,986
0,284	0,315	0,49	0,75
0,238	27,729	0,476	0,337
0,508	1,308	0,931	0,044
0,976	1,201	4,633	114,366
0,48	0,053	2,137	1,294
26,617	0,965	1,615	2,346
7,052	0,409	0,909	0,101
10,812	0,254	0,43	0,073

	5,23	0,287	0,235	0,942
	1,42	0,629	0,854	0,222
	1,082	1,365	0,252	0,157
	0,586	2,258	1,637	
	2,61	2,193	0,088	
	0,079	0,919	0,061	
	0,202	0,052	0,073	
	0,094	0,052	0,037	
	0,186	0,47	0,146	
		0,315	0,095	
		0,889	0,279	
			0,744	
			26,85	
			0,631	
			0,059	
			1,096	
			0,379	
			5,298	
			0,153	
			0,061	
			0,152	
			0,379	
Área total	67,285	80,823	101,42	142,233

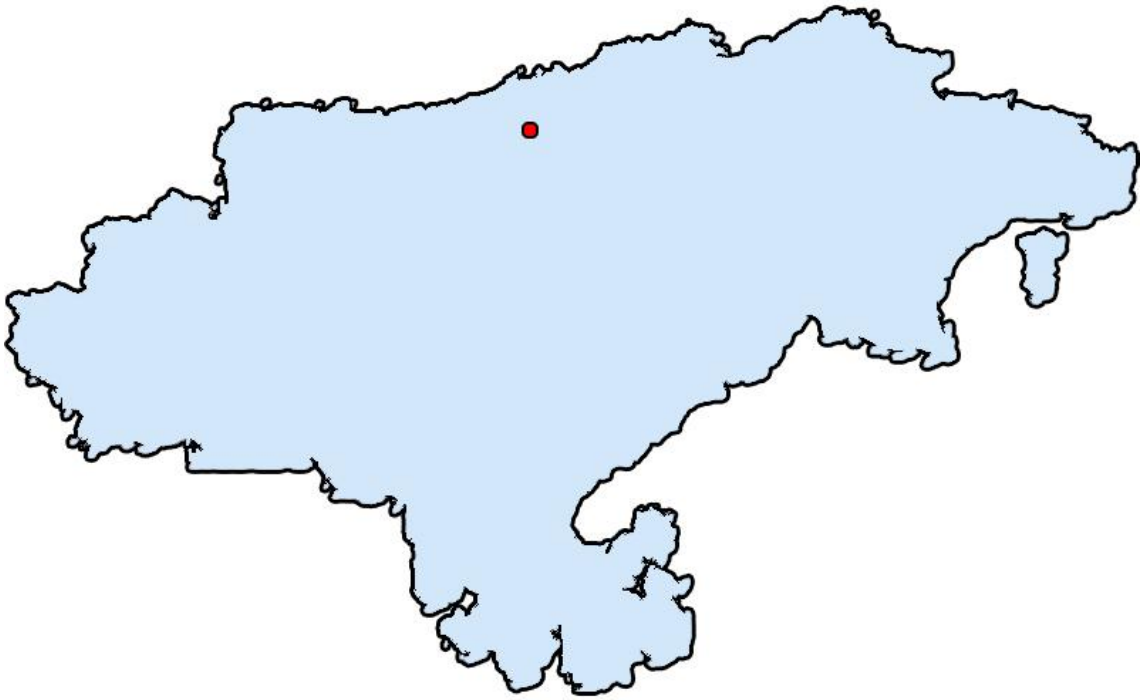
También se calcularon los incrementos en el eje X y el eje Y del centro de cada una de las zonas con respecto a un origen, obteniendo los siguientes resultados:

ZONA	ΔX	ΔY
1	56,06	77,245
2	77,995	78,161
3	104,32	84,918
4	131,186	75,964

Una vez obtenidos estos datos, se pueden ya calcular los incrementos de X y de Y con respecto al origen designado de la posible localización de la central.

INCREMENTOS	
X_0	100,354
Y_0	78,955

Si se llevan estos incrementos en los ejes coordenados anteriormente designados, se obtendrá la siguiente posición, correspondiente a una zona situada entre Torrelavega, Santillana y Reocín:



7 Cálculos para determinar la potencia instalada de la central

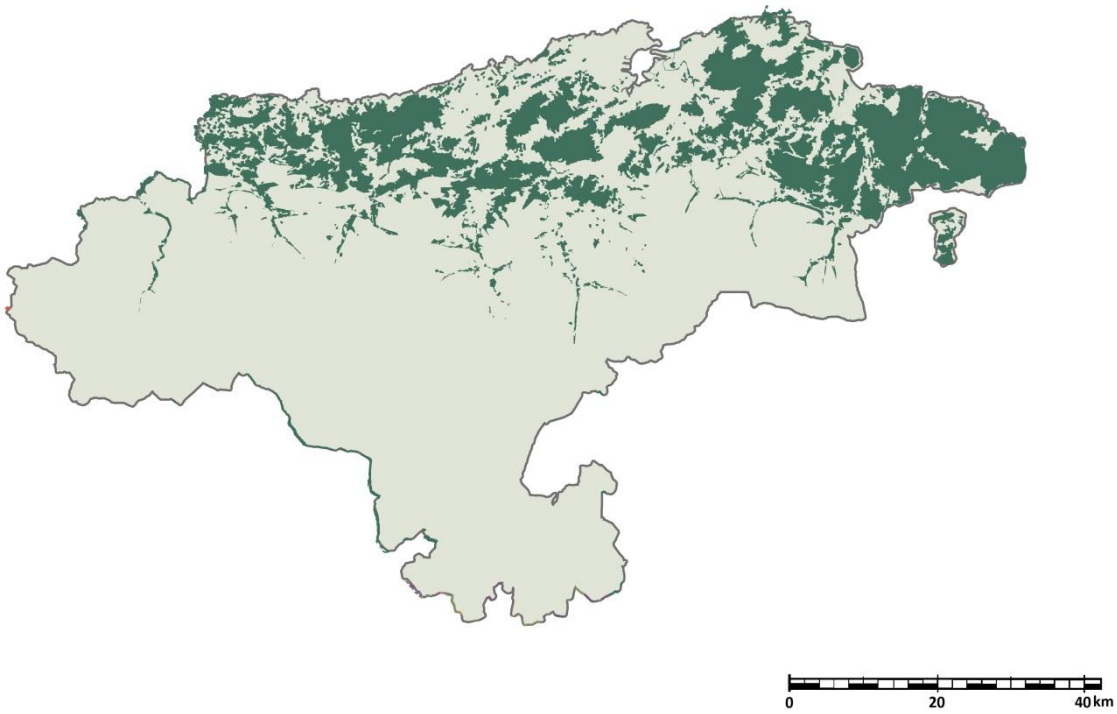
Determinado pues el emplazamiento idóneo de la central en función de las masas de producción de biomasa y la demanda energética, ha de determinarse la viabilidad de dicho proyecto. Para ello se tendrán en cuenta varios factores, siendo el más importante si efectivamente hay suficiente combustible para alimentar la caldera.

Con el fin de aumentar la producción de biomasa, se propone en este proyecto de investigación el reacondicionamiento de zonas actualmente en desuso, replantándolas con eucaliptos en cualquiera de sus variantes aptas para la producción de biomasa. Así, las zonas con bajo cubiertas arbóreas y las superficies desarboladas se contarán como área útil de producción.

Las bajo cubiertas arbóreas incluyen setos, orlas, bardas, salcedas, galerías arbustivas, brezales, matorrales y agrupaciones afines, mezclas de matorrales de distintas especies, herbazales y pastizales. La superficie desarbolada, como su nombre indica, incluye áreas con escasa o nula vegetación.

Los factores anteriormente tenidos en cuenta para elegir la posible ubicación de la central, se tendrán en cuenta también a la hora de determinar zonas que puedan ser reacondicionadas para el aprovechamiento de la biomasa, puesto que los requerimientos ecológicos del eucalipto han sido parte fundamental a la hora de determinar dichos factores. Así, y una vez desechadas las zonas en las que éste no

pueda prosperar en cualquiera de sus especies, se determinarán los áreas que sí pueden ser reacondicionados, evitando zonas o espacios protegidos cuyo aprovechamiento no puede realizarse. El resultado se muestra en el mapa que se incluye a continuación:



Puede observarse que la superficie cubierta es mucho mayor, lo que daría lugar a una mayor producción de biomasa forestal. Para determinar dicha producción, primero ha de determinarse la nueva área cubierta por el eucalipto, para lo cual se utilizará el programa AutoCAD. Al igual que se ha hecho antes, se dimensiona la imagen acorde a la escala gráfica presente en la misma, para después determinar los áreas de cada una de las superficies. Se obtienen así los siguientes resultados:

ÁREAS							
0,871	0,053	0,185	0,389	0,881	0,067	0,136	0,261
0,353	0,054	0,045	1,123	1,391	0,081	0,569	0,124
1,543	0,334	0,431	0,157	0,376	0,065	0,17	0,05
0,725	0,176	0,204	0,257	0,117	0,064	0,158	0,303
0,097	0,233	0,316	0,456	0,251	1,595	0,084	0,13
2,224	0,155	0,339	0,072	0,403	0,118	22,363	0,273
2,2	0,504	0,166	0,203	0,07	0,308	0,1	0,032
1,06	1,587	0,271	0,075	4,269	0,099	2,674	0,061
0,69	0,057	0,069	0,584	0,035	0,072	2,836	0,092

5,967	0,17	0,118	0,08	0,208	0,109	4,698	0,252
0,277	0,094	0,125	1,027	0,066	3,144	0,149	0,097
14,215	2,919	0,092	0,08	0,258	0,329	0,179	317,81
0,07	0,165	0,047	0,403	0,424	0,307	0,049	14,179
0,144	0,11	0,228	0,2018	0,025	4,493	0,009	0,161
0,455	0,564	0,456	0,517	0,135	0,085	0,298	0,136
0,21	0,353	0,639	0,244	0,202	0,094	3,257	0,28
0,185	0,532	0,097	3,771	0,083	0,057	67,837	0,046
0,669	4,137	0,358	0,151	0,119	0,135	4,678	0,225
0,248	5,167	0,143	0,338	41,673	0,133	0,148	1,458
0,102	0,287	0,092	0,038	0,116	2,125	0,501	0,422
9,933	0,139	0,31	0,072	0,174	0,062	0,43	0,141
0,344	0,02	0,074	0,867	0,058	0,152	0,235	0,175
0,203	0,055	0,035	0,129	0,033	0,016	0,481	0,032
0,106	0,897	0,022	0,153	0,299	0,095	1,019	0,066
0,046	0,051	0,05	0,19	0,108	0,105	0,091	0,535
0,122	0,646	0,037	0,12	0,137	0,176	0,085	0,345
0,494	0,182	0,174	0,174	0,073	0,207	0,019	0,116
0,078	0,119	0,079	0,083	1,061	1,831	0,248	0,128
0,214	0,331	0,074	0,223	2,341	3,534	0,207	3,724
0,666	4,334	0,093	0,18	0,081	0,071	0,103	0,046
9,358	0,051	0,14	0,09	0,106	0,073	0,018	3,002
0,385	1,331	0,148	0,135	0,074	0,329	0,156	3,374
0,128	0,116	0,076	0,22	1,759	1,209	0,14	0,127
0,042	4,686	0,253	1,506	2,309	0,08	0,136	0,088
0,232	3,776	0,406	0,807	0,341	0,133	0,607	0,089
98,374	0,271	0,113	0,046	0,103	18,727	0,252	11,074
0,63	0,237	0,201	0,314	0,038	0,536	0,446	0,165
0,254	1,365	0,119	0,054	0,154	0,192	0,429	0,078
11,259	0,132	0,082	0,095	1,098	0,161	14,83	0,084
0,063	0,235	0,038	0,28	0,079	32,347	10,186	0,592
0,075	0,151	0,062	0,096	0,074	0,161	0,038	
TOTAL							
861,7958							

Una vez replantadas y reacondicionadas todas las zonas desarboladas o desatendidas, como se ha mencionado anteriormente, se tienen un total de 516,879 km^2 de población de eucalipto. Esto equivale a 51687,97 ha de eucalipto aprovechables, al menos teóricamente.

Conociendo las relaciones entre metros cúbicos de fuste extraído y biomasa obtenida, puede hallarse tanto la cantidad de biomasa total como biomasa residual, siendo esta última la aprovechable para generar energía.

EUCALIPTO	
Número de ha	51687,97 ha
m^3 de fuste por ha	155,14 m^3
Biomasa total	7682079,056 t
Biomasa residual	1997340,55 t

A partir de la cantidad de biomasa producida en las hectáreas seleccionadas, puede calcularse la potencia instalada de la hipotética central. Para ello ha de conocerse además el PCS del eucalipto, obtenido de la siguiente tabla. Debe tenerse también en cuenta que el rendimiento de recogida de la biomasa es aproximadamente de un 60%.

Tipo de biomasa	Humedad en el momento de corta	PCI (kcal/kg)
P. pinaster	42,5	2465,2597
P. halpensis	37,5	2685,7503
P sylvestris	42,5	2465,2597
P . Pinea	44	2265,4013
P. nigra	42,5	2396,6439
P radiata	44	2305,4968
E. globulus	52,5	1832,7511
F. silvatica	40	2325,804
Castanea sativa	40	2411,722
Populus sp.	45	2109,4894
Q. pyrenaica	40	2325,804
Q. petraea	40	2340,123
Q. ilex	40	2340,123

Se obtiene finalmente una potencia de 10,6 MW, y un flujo de biomasa anual de 82800 toneladas/año.

8 Conclusiones

Tras finalizar este proyecto de estudio, las conclusiones obtenidas son claras. Es necesaria una gran cantidad de biomasa para producir una pequeña cantidad de energía. Esto no quiere decir que la biomasa en sí sea poco eficiente, o que haya que dejar de utilizarla, sino más bien que es necesaria una gran cantidad de hectáreas para producir una cantidad decente de energía.

En el caso de Cantabria, se da la circunstancia de que por encontrarse junto a la costa permite el crecimiento de gran cantidad de especies de vegetación. También influye, en este caso negativamente, que dado que presenta una gran diferencia de altitud entre su zona norte y su zona sur, solo pueda aprovecharse para cualquier tipo de explotación de este tipo la zona norte. Además, la presencia de varios parques naturales y zonas protegidas dificulta dicha explotación, sin olvidar el tema económico y legislativo, que se ha obviado en este proyecto, pero que entorpece mucho la explotación de la biomasa en esta comunidad.

Replantando y reacondicionando zonas que actualmente carecen de uso alguno, podría llegar a obtenerse el doble de hectáreas de las que actualmente se dispone, y aun contando con tan ingente cantidad de población de eucaliptos, sólo podría abastecerse una única central de unos 10 MW. Además, la retirada de subvenciones con las que hasta ahora el gobierno colaboraba con este tipo de energía renovable, dificulta en mayor medida el que una empresa se embarque en un proyecto de este tipo.

Actualmente existe en Cantabria una central de estas características (10 MW) situada en Reocín, lo cual es señal de que los cálculos realizados en el proyecto de estudio de implantación de una hipotética central se asemejan bastante a la que de hecho existe en la comunidad. El problema de esta central es el abastecimiento de suministro, que depende en buena medida de las comunidades de Asturias y País Vasco. Otra interpretación del estudio sería por tanto que replantando y reacondicionando las zonas en desuso, podría eliminarse la dependencia que actualmente se tiene de la biomasa procedente de otras comunidades.

MEMORIA JUSTIFICATIVA

Índice

Anejo 1 Introducción 47
1.1 Energías renovables 47
1.1.1 Energía Hidráulica 47
1.1.2 Energía Geotérmica 49
1.1.3 Energía Mareomotriz 50
1.1.4 Energía Eólica 56
1.1.5 Energía Solar 60
Anejo 2 Alcance del estudio 69
Anejo 3 Estado del arte 71
3.1 La biomasa y los biocombustibles 71
Los biocombustibles: 73
El biogás 78
3.2 Estado científico de la materia 79
3.3 Estudio de inventariado de bosques (por especies) 79
Eucaliptales (*Eucalyptus spp.*) 81
Bosques mixtos de frondosas autóctonas 82
Hayedos (*Fagus sylvatica*) 84
Robledales de *Quercus robur* y/o *Quercus petraea* 86
Melojares (*Quercus pyrenaica*) 88
Encinares (*Quercus ilex*) 89
Pinares de *Pinus radiata* 91
Pinares de pino albar (*Pinus sylvestris*) 93
Bosques ribereños 94
Avellanedas (*Corylus avellana*) 96
Abedulares (*Betula spp.*) 98
Castañares (*Castanea sativa*) 100
Acebedas (*Ilex aquifolium*) 101
3.4 Descripción de una planta de Biomasa 102
- La caldera 102
- La salida de los gases de combustión 103

- La turbina 103
- Generador y centro de transformación 104
- Instalaciones complementarias 104

Anejo 4 Estudios de detalle 107

4.1 Estudio socioeconómico 107

4.2 Estudio del medio 116

4.2.1 El clima 116

4.2.2 La Vegetación 118

4.2.3 La Fauna 120

4.2.4 Los espacios protegidos 121

4.3 Hidrografía 124

4.4 Edafología 125

Los cambisoles 126

Los fluvisoles 126

Los litosoles 126

Los luvisoles 127

Los phaeozems 127

Los rankers 127

Los regosoles 127

Anejo 5 Viabilidad del proceso productivo de implantación de una central de biomasa 130

5.1 Posibles zonas de implantación 130

- La altitud 130
- Los espacios protegidos 131
- La demanda 133
- Los accesos 135
- La producción 136

Anejo 6 Cálculos para determinar el emplazamiento idóneo de la central 139

Anejo 7 Cálculos para determinar la potencia instalada de la central 144

Anejo 8 conclusiones 152

Anejo 9 Bibliografía: 154

Índice de ilustraciones

Ilustración 1, canal cónico 51
Ilustración 2, columna de agua oscilante 52
Ilustración 3, punto de absorción 53
Ilustración 4, esquema de funcionamiento de un atenuador 54
Ilustración 5, atenuador 54
Ilustración 6, elemento de desbordamiento 55
Ilustración 7, turbina de eje vertical 59
Ilustración 8, turbinas de eje horizontal 60
Ilustración 9, Imagen de un colector de placa plana 62
Ilustración 10, colector de tubo evacuado 63
Ilustración 11, colector parabólico compuesto 63
Ilustración 12, colectores cilindro-parabólicos 64
Ilustración 13, reflector lineal Fresnel 64
Ilustración 14, reflector de plato parabólico 65
Ilustración 15, colector de campo de heliostatos 65
Ilustración 16, biomasa residual seca 72
Ilustración 17, biomasa residual húmeda 73
Ilustración 18, ejemplo de biocombustible sólido 75
Ilustración 19, ejemplo de biocombustible líquido 77
Ilustración 20, biodigestor continuo 79
Ilustración 21, distribución de los eucaliptales 81
Ilustración 22, distribución de los bosques mixtos de frondosas autóctonas 82
Ilustración 23, distribución de los hayedos 84
Ilustración 24, distribución de los robledales 86
Ilustración 25, distribución de los melojares 88

Ilustración 26, Distribución de los encinares 89
Ilustración 27, distribución de Pinus radiata 91
Ilustración 28, distribución de pino albar 93
Ilustración 29, distribución de los bosques ribereños 94
Ilustración 30, distribución de avellanedas 96
Ilustración 31, distribución de abedulares 98
Ilustración 32, distribución de los castañares 100
Ilustración 33, distribución de acebedas 101
Ilustración 34, edafología de Cantabria 128
Ilustración 35, zonas con altitud mayor a 1100 metros 130
Ilustración 36, conjunto de espacios protegidos en Cantabria 131
Ilustración 37, zonas de posible implantación 133
Ilustración 38, demografía de Cantabria 134
Ilustración 39, vías principales de Cantabria 136
Ilustración 40, población de eucaliptos en Cantabria 137
Ilustración 41, zonas más representativas de población de eucalipto 139
Ilustración 42, emplazamiento de la central 142
Ilustración 43, zonas de eucalipto tras replantar y reacondicionar 145

Índice de tablas

Tabla 1, direcciones de viento 57
Tabla 2, clases de recursos eólicos 57
Tabla 3, distribución de eucaliptos por especie y densidad de la formación 81
Tabla 4, distribución de bosques mixtos por especie y densidad de la formación 83
Tabla 5, distribución de los hayedos por especie y densidad de la formación 85
Tabla 6, distribución de robledales por especie y densidad de la formación 87
Tabla 7, distribución de melojares por especie y densidad de la formación 88
Tabla 8, distribución de los encinares por especie y densidad de la formación 90
Tabla 9, distribución de Pinus Radiata por especie y densidad de la formación 92

Tabla 10, distribución de pino albar por especie y densidad de la formación..... 93
Tabla 11, distribución de bosques ribereños por especie y densidad de la formación . 95
Tabla 12, distribución de avellanedas por especie y densidad de la formación..... 97
Tabla 13, distribución de abedulares por especie y densidad de la formación 99
Tabla 14, distribución de los castañares por especie y densidad de la formación 100
Tabla 15, distribución de acebedas por especie y densidad de la formación..... 101
Tabla 16, evolución demográfica de Santander 107
Tabla 17, evolución demográfica de Torrelavega 108
Tabla 18, evolución demográfica de Castro Urdiales desde 1900 109
Tabla 19, evolución demográfica de CastroUrdiales..... 109
Tabla 20, evolución demográfica de Camargo 110
Tabla 21, evolución demográfica de Piélagos 111
Tabla 22, evolución demográfica de El Astillero 112
Tabla 23, evolución demográfica de Bezana..... 113
Tabla 24, evolución demográfica de Laredo 114
Tabla 25, evolución demográfica de Los Corrales de Buelna..... 115
Tabla 26, evolución demográfica de Santoña 116
Tabla 27, distribución de las distintas figuras de protección..... 132
Tabla 28, áreas de las diferentes zonas de eucalipto..... 141
Tabla 29, incrementos..... 141
Tabla 30, posición de la central..... 142
Tabla 31, área total de eucalipto tras repoblar..... 146

Anejo 1 Introducción

La dependencia que actualmente se tiene de la electricidad no se va a ver reducida en los próximos años, y es por esto que la sociedad se afana en buscar nuevas formas de producirla. Basar la generación de energía en el consumo de combustibles fósiles tiene la desventaja de que éstos son finitos, de forma que llegará un día en que no exista carbón o gas natural que quemar.

Ante esta tesitura surgen las energías renovables, capaces de generar energía a partir de recursos a priori inagotables como son el sol o los océanos. Está claro que actualmente la mayor parte de la generación de electricidad se basa en los combustibles fósiles, pero la balanza va inclinándose poco a poco a favor de las renovables por el simple hecho de que así ha de hacerse. Mediante medidas como el protocolo de Kyoto, los gobiernos tratan de favorecer el aprovechamiento de recursos renovables y limitar el consumo de combustibles fósiles, más contaminantes. Se preservan así de una forma más eficiente los ecosistemas presentes en la tierra, además de intentar reducir la dependencia que a día de hoy se tiene de las fuentes de energía no renovables.

Entre dichas energías renovables se encuentra la biomasa, capaz de generar energía quemando residuos que de otro modo se desperdiciarían. Se aprovecha así por tanto un recurso que anteriormente no tenía usos conocidos, lo cual hace tan interesante este tipo de generación energética. De ahí que este proyecto de investigación se centre en ésta fuente de energía renovable, con el fin de saber si sería posible la implantación de una central de este tipo en Cantabria replantando y reacondicionando para ello zonas actualmente en desuso, obteniendo una energía menos dependiente de los combustibles fósiles.

Además de la biomasa, existen otros tipos de energía renovable, los cuales se explican a continuación.

1.1 Energías renovables

Se denominan energías renovables a las fuentes de energía que se obtienen de medios naturales en teoría inagotables, ya sea por la inmensa cantidad de energía que contienen o porque son capaces de regenerarse por medios naturales. Entre las energías renovables existen la hidráulica, geotérmica, mareomotriz, eólica, solar, y la biomasa.

1.1.1 Energía Hidráulica

La energía hidráulica es una fuente de energía renovable que aprovecha la caída de agua desde una cierta altura para generar energía eléctrica. Se aprovecha así la energía cinética de una corriente o salto de agua natural. Para explotar la energía se intentan aprovechar los recursos tal y como surgen en la naturaleza (cataratas, gargantas, etc.), o se construyen presas. Las instalaciones más comunes hoy en día son las centrales

hidroeléctricas. La energía cinética capturada se convierte en energía mecánica mediante turbinas.

Los sistemas hidráulicos se pueden dividir en dos grupos; basados en los métodos de construcción (embalses, desviación del curso de un río o acumulación por bombeo), o en el tamaño (centrales hidroeléctricas grandes de más de 30MW, pequeñas de entre 100KW y 30MW, y micro centrales de menos de 100KW).

- **Embalses:** La mayoría de sistemas hidráulicos son embalses. Una presa se utiliza para almacenar el agua del río en un depósito. El agua se libera desde el depósito y fluye a través de la turbina para generar electricidad. El agua puede liberarse tanto para producir electricidad como para mantener un nivel constante en el depósito.

El embalse se compone básicamente de una presa y un aliviadero. La presa se construye para elevar el nivel del agua del río y crear así un sistema de caída de agua. La presa controla también el flujo de agua. La presa almacena la energía en forma de energía potencial, que se convierte en energía cinética al liberar el agua. Ha de considerarse la capacidad de la presa de aguantar la presión del agua que ésta contiene. Este factor determinará su capacidad, así como los materiales de construcción (los cuales deberán ser impermeables al agua). De esta forma, existen presas de gravedad, de bóveda, de contrafuertes y de elementos sin trabar.

El aliviadero es el camino que sigue el agua para fluir a través de la presa, de forma que ésta no se rompa. Normalmente suelen situarse los aliviaderos de forma que el agua fluya o bien sobre la parte superior de la presa, o a través de un costado de la misma (dependiendo del tipo de presa construida).

- **Desviación del curso de un río:** Las plantas que aprovechan este tipo de energía, la obtienen del curso desviado de agua con una interrupción mínima del curso natural del río. Normalmente, este tipo de sistemas se construyen en pequeñas presas que toman pequeñas cantidades de agua, y que no causan cambios en la calidad de la misma. A pesar de que este tipo de centrales no es de gran tamaño, su capacidad de generación puede superar 1MW.
- **Centrales de bombeo**: Este tipo de sistemas operan de forma diferente a los sistemas convencionales. Utilizan agua para generar energía de igual forma que las centrales hidroeléctricas convencionales, pero el agua se almacena en un depósito tras pasar por la turbina. La turbina es bidireccional, y se utiliza para bombear el agua almacenada durante el día a un depósito superior en períodos nocturnos cuando la demanda es baja. Durante períodos de máxima demanda se libera agua desde el depósito superior para generar electricidad. Este tipo de

centrales permite regular la energía suministrada a la red, puesto que pueden operar cuando se necesita.

1.1.2 Energía Geotérmica

La energía geotérmica es aquella producida por el calor interno de la tierra y que se concentra en el subsuelo en lugares conocidos como reservorios geotermales, los cuales pueden utilizarse para producir energía limpia de forma indefinida si son bien manejados.

La energía geotérmica tiene su origen en el movimiento de las placas tectónicas. Cuando éstas se juntan de forma que una puede deslizarse sobre la otra, se genera magma que en ocasiones llega a la superficie y genera volcanes, y sin embargo otras veces permanece bajo tierra calentando grandes zonas subterráneas. Para generar un reservorio utilizable para la obtención de energía geotérmica hacen falta dos elementos adicionales además del magma; un acuífero y un sello.

El acuífero es una formación de rocas permeable –permite que el agua u otros fluidos lo traspasen-, mientras que el sello es otra capa de rocas –en este caso impermeable-. Los tres elementos van montados uno sobre otro (el sello sobre el acuífero, y ambos sobre la fuente de calor). El agua llega a los acuíferos filtrada a través de rocas fracturadas y se almacena en ellos, calentándose y formando un reservorio geotermal.

La energía geotérmica se puede usar de forma directa –para calefacción de hogares por ejemplo-, pero también de forma indirecta para producir electricidad. Esto se consigue utilizando la fuerza que genera el vapor producido para impulsar una turbina que a su vez moverá un generador eléctrico.

Para determinar el aprovechamiento energético de un reservorio geotermal, ha de diferenciarse entre energía geotérmica de altas temperaturas y bajas temperaturas. Su diferencia radica en la profundidad terrestre en la que se encuentra cada una de ellas y en su temperatura. En el primer caso, las altas temperaturas se encuentran entre 3 y 4 kilómetros bajo tierra, mientras que en el segundo caso los recursos están en las capas terrestres más superficiales.

La diversidad de temperaturas de los recursos geotérmicos permite un gran número de posibilidades de uso; Alta temperatura –más de 150 ^{o}C- que permite transformar el vapor de agua en energía eléctrica de forma directa, media temperatura –entre 90 y 150 ^{o}C- que posibilita la producción de energía eléctrica utilizando un fluido de intercambio que alimenta las centrales, naja temperatura –entre 30 y 90 ^{o}C- cuyo contenido en calor es insuficiente para producir energía eléctrica pero adecuado para calefacción, y muy baja temperatura –menos de 30 ^{o}C- que puede utilizarse para la

obtención de agua caliente calefacción y climatización mediante el uso de bombas de calor.

1.1.3 Energía Mareomotriz

La energía marina o mareomotriz, se refiere a aquella obtenida de los océanos o mares. Ésta puede obtenerse a través de las olas, las mareas, o los gradientes térmicos existentes en el agua. Así, se han desarrollado diversas tecnologías para obtener energía o electricidad de los océanos, entre las cuales están la energía mareomotriz, la undimotriz y la conversión de energía térmica de los océanos.

Energía undimotriz: El viento presento sobre la superficie de los océanos contribuye a la aparición de olas que pueden utilizarse para obtener energía. En ciertas partes del mundo, las olas son lo suficientemente consistentes para producir energía de forma continua.

La energía de una ola es proporcional al cuadrado de su amplitud y al período de movimiento. Así, las olas de gran período (unos 10 s) y gran amplitud (unos 2 metros) tienen gran interés por su capacidad de generar energía. Existen aun así varias dificultades a la hora de desarrollar sistemas para el aprovechamiento de esta energía, ya que los patrones de olas son irregulares en amplitud, fase y dirección. A esto se suma que los medios utilizados para dicha obtención han de soportar condiciones extremas, y que es extremadamente difícil acoplar el lento movimiento de las olas a generadores eléctricos.

Existen 5 sistemas que pueden utilizarse para generar energía de las olas; Canal cónico, columna de agua oscilante, punto de absorción, atenuadores y elementos de desbordamiento.

- **El canal cónico** se utiliza para introducir el agua en un depósito a cierta altura, para generar electricidad del mismo modo que en las centrales hidroeléctricas mediante una turbina Kaplan. Se consigue elevar la altura del agua mediante el estrechamiento del canal de acceso al depósito.

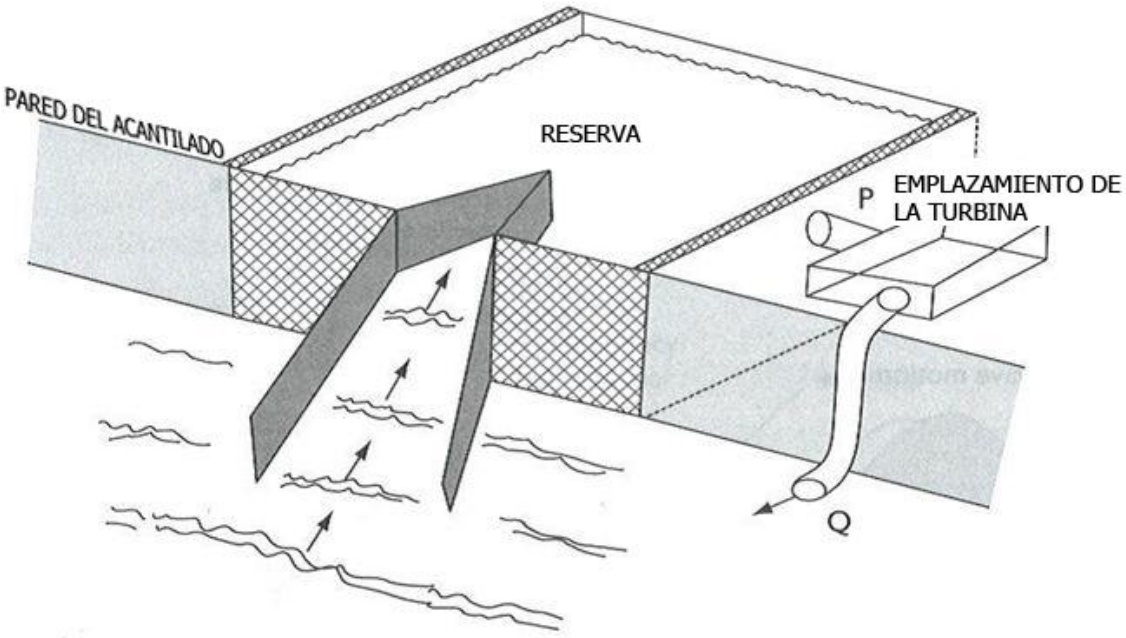


Ilustración 1, canal cónico

- **La columna de agua oscilante**, opera de forma perpendicular a la dirección de la ola para obtener su energía. Este tipo de sistemas se instala en la costa o cerca de ella. El agua entra a través de una apertura bajo la superficie en una cámara que contiene una columna de aire sobre el agua. La acción de la ola hace que la columna de agua presente dentro del sistema suba y baje de la misma manera que lo haría un pistón, provocando la compresión y descompresión de la columna de aire (que se emplea para mover una turbina obteniendo así electricidad).

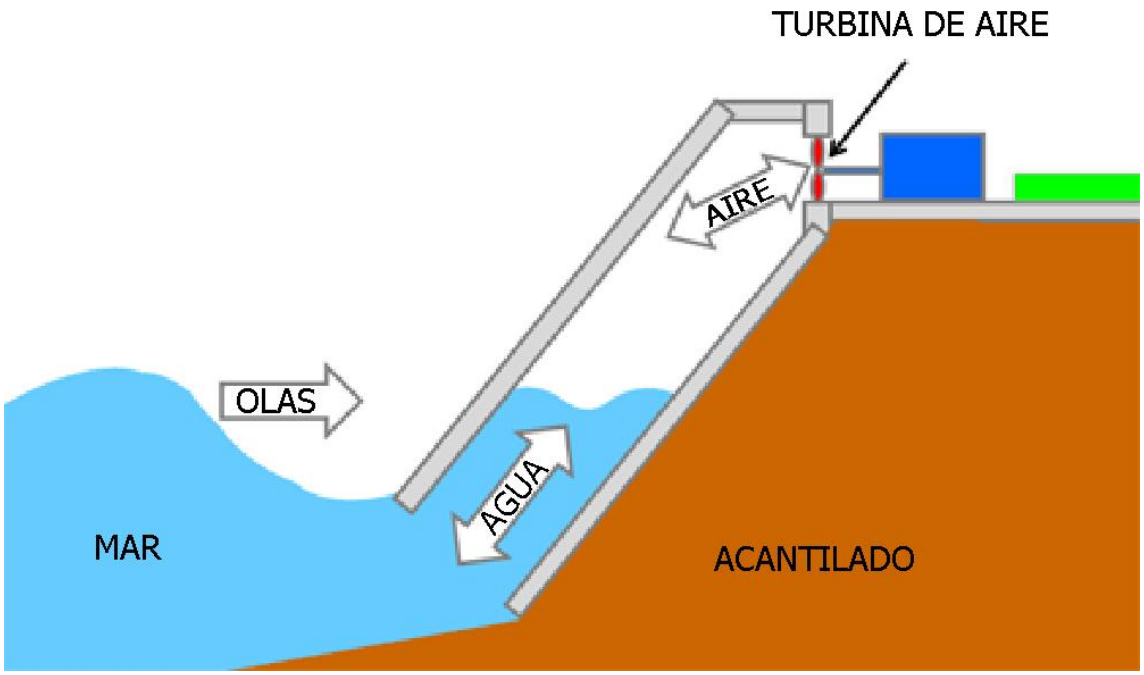


Ilustración 2, columna de agua oscilante

- **El punto de absorción** es un sistema en el que una boya flotante mueve un cilindro fijo por la acción de las olas. El movimiento relativo se utiliza para mover sistemas electromecánicos o hidráulicos de obtención de energía. El movimiento del pistón y de la boya han de ser controlados para estar en resonancia con las olas, maximizando así la energía obtenida. Además, el movimiento del pistón debe ser limitado para mantenerlo dentro del cilindro fijo.

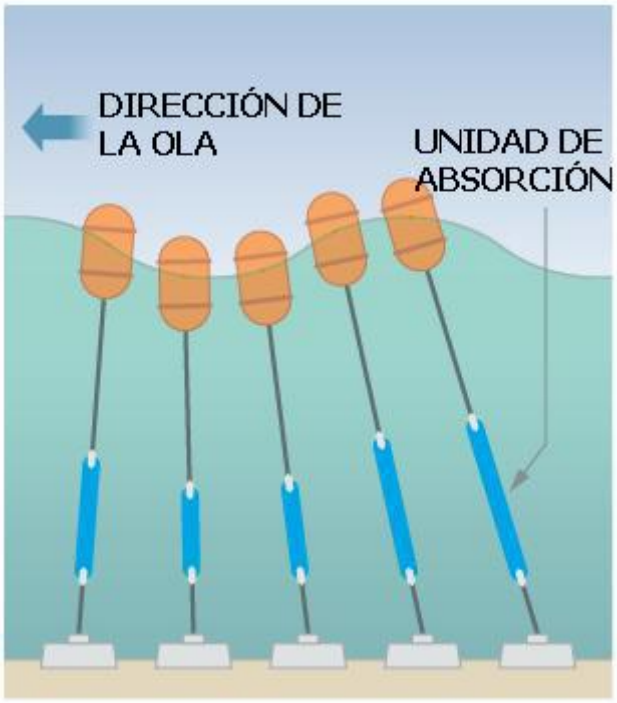


Ilustración 3, punto de absorción

- **Los atenuadores** son sistemas formados por segmentos flotantes unidos que trabajan paralelamente con respecto a la dirección de las olas. Los movimientos a lo largo de la longitud del elemento producen energía. La flexibilidad de las uniones entre los diferentes segmentos que lo forman provoca que bombas hidráulicas u otro tipo de convertidores generen energía. El módulo de conversión de energía se localiza dentro del elemento, protegiéndolo así del agua y las condiciones climáticas adversas.

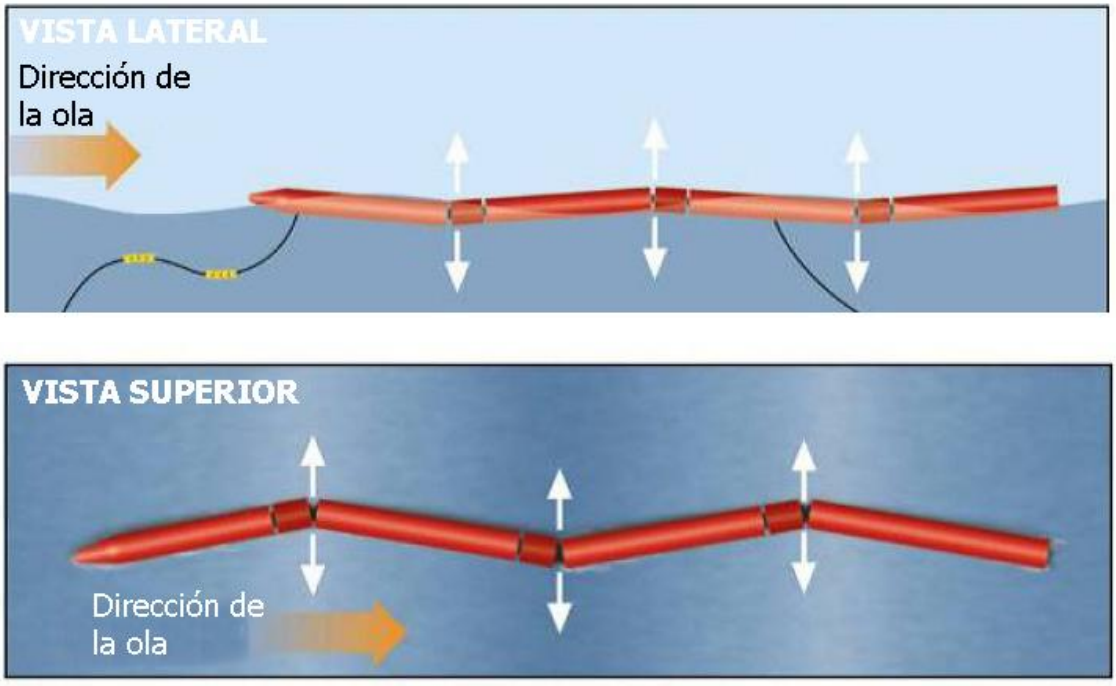


Ilustración 4, esquema de funcionamiento de un atenuador

Ilustración 5, atenuador

- **Los elementos de desbordamiento** cuentan con embalses que se llenan de agua gracias a las olas con altura superior a la media del océano que lo rodea. El agua se libera y cae a través de turbinas de nuevo al océano. La energía generada por el agua a su paso por dichas turbinas genera electricidad.

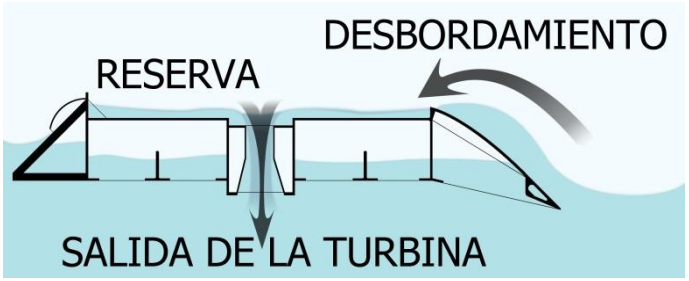


Ilustración 6, elemento de desbordamiento

Energía mareomotriz: Las mareas son variaciones en el nivel de los océanos. Ésta variación se puede predecir, puesto que depende de la posición de la tierra y la luna en sus respectivas órbitas. Las tecnologías que permiten aprovechar la energía existente en las mareas pueden clasificarse en dos grupos; método de presa, y método de turbina de mareas.

- **El método de presa** se utiliza para forzar al agua durante mareas altas a entrar en un embalse. Cuando existe la suficiente diferencia de altura entre el nivel del agua dentro del embalse y la marea se abren las puertas, permitiendo al agua fluir a través de una turbina produciendo energía de forma similar a las centrales hidráulicas.

- **Las turbinas de mareas** utilizan las corrientes marinas para generar electricidad. Estas turbinas cuentan con álabes, un generador y medios de transporte para incorporar la electricidad a la red. Se pueden utilizar cuatro tipos de turbinas; de eje horizontal –similar a turbinas eólicas-, de eje vertical –en las que el agua fluye de forma perpendicular al eje de rotación de la turbina-, de elevación lineal –un gran ala que se mueve arriba y abajo en un movimiento lineal y comprime el aceite en un ariete hidráulico para mover un convertidor hidráulico de energía-, y sistemas basados en Venturi –utiliza un tubo Venturi para acelerar el flujo de agua-.

Energía térmica oceánica: La energía solar almacenada en el agua del océano se convierte en energía eléctrica utilizando esta tecnología, que usa el gradiente térmico natural del océano. Las capas del agua oceánica tienen diferentes temperaturas. Así, un ciclo termodinámico puede operar gracias a esta diferencia de temperaturas haciendo funcionar un ciclo de producción de energía. Una diferencia de temperatura de unos 20 ^{o}C entre la superficie de agua templada y las profundidades más frías puede producir una cantidad significativa de energía. El ciclo que forma este sistema puede ser cerrado, abierto o híbrido.

- **Ciclo cerrado**: En este ciclo, el agua templada vaporiza un fluido de trabajo (como por ejemplo el amoníaco), fluyendo a través de un intercambiador de calor (evaporador). El vapor se expande a presión moderada y mueve una turbina acoplada a un generador que produce electricidad. El vapor se condensa entonces en otro intercambiador (condensador) utilizando para ello agua fría bombeada desde las profundidades. El fluido de trabajo condensado vuelve a bombearse al evaporador para repetir el ciclo, permaneciendo en el ciclo cerrado y circulando de forma continua.
- **Ciclo abierto**: En este ciclo, el agua templada es el fluido de trabajo. Esta agua se evapora en una cámara de vacío para producir vapor de agua, que se expande a través de una turbina de baja presión acoplada a un generador para producir electricidad. El vapor que sale de la turbina se condensa por el agua fría bombeada desde las profundidades. Si se utiliza un condensador de superficie, el vapor condensado permanece separado del agua fría y proporciona un suministro de agua desalada.
- **Ciclo híbrido**: Este ciclo es una combinación de los dos anteriores. El agua templada entra en una cámara de vacío donde se evapora, de forma similar a como ocurre en el ciclo abierto. El vapor de agua vaporiza el fluido de trabajo de un ciclo cerrado, y dicho fluido de trabajo mueve una turbina para generar electricidad. El vapor de agua se condensa en el intercambiador de calor y proporciona agua desalada.

1.1.4 Energía Eólica

La energía eólica es aquella referida al proceso mediante el cual se captura el viento para generar electricidad. Los patrones de viento dependen de varios factores como son el terreno, los océanos o la cubierta vegetal. Edificios, plantas y montañas controlan el patrón de viento, así como su velocidad. La energía cinética del viento se captura por turbinas para generar energía mecánica y electricidad. Las turbinas convierten en primera instancia la energía cinética del viento en energía mecánica, que hace moverse un eje generando electricidad.

El viento se eleva desde el ecuador y se mueve al norte y al sur a las capas altas de la atmósfera. En el ecuador, existe un área de baja presión cerca del suelo que atrae vientos del norte y del sur. En los polos, existirá por tanto alta presión debido al enfriamiento del aire. Una vez el aire está en movimiento, se ve sometido a una desviación denominada efecto Coriolis, dando como resultado las siguientes direcciones de viento:

Latitud	90-60°N	60-30°N	30-0°N	0-30°S	30-60°S	60-90°S
Dirección	NE	SW	NE	SE	NW	SE

Tabla 1, direcciones de viento

Basado en la velocidad del viento, los recursos eólicos se clasifican en siete clases. Cada clase se caracteriza por tener un rango de densidad energética (W/m^2) y velocidad (m/s) que describen la energía contenida en el viento.

Clase de Viento	10m		50m	
	Densidad de energía eólica (W/m2)	Velocidad (m/s)	Densidad de energía eólica (W/m2)	Velocidad (m/s)
1	**0**	**0**	**0**	**0**
2	**100**	**4,4**	**200**	**5,6**
3	**150**	**5,1**	**300**	**6,4**
4	**200**	**5,6**	**400**	**7**
5	**250**	**6**	**500**	**7,5**
6	**300**	**6,4**	**600**	**8**
7	**400**	**7**	**800**	**8,8**
	1000	**9,4**	**2000**	**11,9**

Tabla 2, clases de recursos eólicos

Para generar energía, se utilizan los vientos de clase 4 o superior, al menos utilizando las turbinas de las que actualmente se dispone. Vientos de clase 3 pueden llegar a ser aprovechables con tecnologías aún por desarrollar, mientras que los vientos de clase 2 son áreas marginales y los vientos de clase 1 no son aptos para la generación de energía eólica.

La rosa de los vientos aporta información acerca de la velocidad del viento y su frecuencia soplando desde varias direcciones. La longitud de cada uno de los radios alrededor del círculo está relacionada con la frecuencia de tiempo que el viento sopla desde una dirección determinada. Cada círculo concéntrico representa una frecuencia distinta, desde cero en el centro incrementándose en los círculos concéntricos exteriores. Puede analizarse una rosa de los vientos para determinar la dirección de viento predominante y su frecuencia.

Las turbinas eólicas operan por la acción del viento relativo (el viento natural y el viento causado por el movimiento del rotor y el flujo inducido en el rotor), lo cual crea fuerzas aerodinámicas en los álabes.

La resistencia aerodinámica vendrá definida por la siguiente fórmula:

$$F_D = \frac{1}{2} * \rho * v^2 * C_D * A$$

La fuerza de sustentación vendrá definida por la siguiente fórmula:

$$F_D = \frac{1}{2} * \rho * v^2 * C_L * A$$

Donde ρ es la densidad del fluido, v es la velocidad relativa al fluido, A es el área de la sección transversal, C_D es el coeficiente de resistencia aerodinámica, y C_L es el coeficiente de sustentación.

La energía cinética del viento es convertida en energía mecánica o energía eléctrica utilizando turbinas eólicas. La cantidad de energía capturada por el rotor depende de la densidad del aire (ρ), el área del rotor (A), y la velocidad del viento (v).

Siendo la fórmula de la energía cinética es ($E_C = \frac{1}{2} * m * v^2$), y siendo la potencia la energía cinética por unidad de tiempo ($P = \frac{1}{2} * \dot{m} * v^2$); teniendo en cuenta que $\dot{m} = \rho * A * v$, Se obtendrá la siguiente fórmula para la potencia: $P = \frac{1}{2} * \rho * A * v^2$

La potencia real será que se puede obtener de una turbina eólica vendrá dada por:

$$P = \left(C_P * \varepsilon_g * \varepsilon_b\right) * \frac{1}{2} * \rho * A * v^3$$

Donde C_p es el rendimiento (la proporción de energía extraída por la turbina del total contenido en el viento), ε_g es la eficiencia del generador, y ε_b es la eficiencia del multiplicador.

El factor de capacidad de una turbina eólica, es la energía real obtenida en un año dividida entre la energía obtenida si la turbina opera a su potencia nominal el año completo. La relación entre la velocidad del viento y la potencia nominal se denomina curva de potencia. La turbina comienza a producir solamente cuando el viento alcanza cierta velocidad, de forma que a medida que ésta aumenta, la energía obtenida también aumentará.

Si la velocidad del viento aumenta por encima de cierto valor (conocido como velocidad de corte), la turbina se fuerza a permanecer inactiva. La velocidad de viento nominal es aquella a la cual se alcanza la potencia nominal. Si la velocidad del viento supera la velocidad nominal, la potencia obtenida es mecánica o eléctricamente mantenida a un nivel constante mediante avanzados sistemas de control. Utilizando la curva de potencia, puede determinarse cuanta potencia se producirá a la velocidad media del viento predominante en un lugar determinado.

Las turbinas eólicas pueden dividirse en dos categorías dependiendo del eje alrededor del cual la turbina gira; eje horizontal o eje vertical.

- **Las turbinas de eje vertical**: Giran en el plano horizontal. Estas turbinas tienen el eje principal del rotor operando verticalmente. Cuenta con varias ventajas, como son que el generador o el multiplicador pueden situarse cerca del suelo de forma que la torre no necesita soportar su peso, o que la turbina no necesita necesariamente ser colocada en el viento. Aun así, cuenta con varias desventajas, como son el par producido en cada revolución y la resistencia aerodinámica cuando el álabe rota en el viento, además de la necesidad de un flujo de aire más bajo y turbulento, y una menor eficiencia a la hora de extraer la energía. Ejemplos de este tipo de turbinas son la turbina Darrieus, la turbina Savonius o la Giromill.

Ilustración 7, turbina de eje vertical

- **Las turbinas de eje horizontal**: Giran en el plano vertical. Durante la rotación, los álabes se mueven más rápidamente, creando un área de baja presión bajo ellos y un área de alta presión en frente de los mismos. La diferencia entre esas dos presiones crea una fuerza que produce el movimiento de los álabes. Los molinos de turbina horizontal tienen el eje principal del rotor y el generador situados en la parte más alta de la torre, y son colocados en la dirección del viento. La mayoría de ellos tiene multiplicador, que convierte una rotación lenta de los álabes en una rotación más rápida, más favorable a la hora de generar electricidad. Las turbinas de eje horizontal son ampliamente utilizadas para la generación de energía, y son diseñadas para altas potencias. Esto es posible gracias a unos rotores de mayor diámetro.

Ilustración 8, turbinas de eje horizontal

Este tipo de turbinas cuenta con múltiples ventajas, como son una mayor estabilidad de la estructura, la capacidad de rotar los álabes durante una tormenta para minimizar los daños, el uso de torres altas que permite el acceso a vientos más fuertes, o costes más bajos debido a un mayor volumen de producción y mayor eficiencia. También cuentan con varias desventajas, como son la dificultad de transporte debido al tamaño, o los altos costes de instalación y mantenimiento.

1.1.5 Energía Solar

La energía solar es aquella que se obtiene directamente de sol mediante paneles solares, concentradores solares, etc. A pesar de que la energía solar es abundante en la superficie terrestre, utilizarla para obtener energía útil es difícil y costoso. La energía solar puede utilizarse como un recurso de energía térmica (utilizando concentradores solares) o para generar electricidad usando paneles fotovoltaicos.

La radiación solar alcanza la superficie terrestre a una densidad de flujo máxima de alrededor de 1 KW.m^2 en una longitud de onda de entre 0,3 y 2,5 µm. Esta radiación se denomina de onda corta, e incluye el espectro visible. La distribución espectral viene determinada por la temperatura en la superficie solar (6000K). Los flujos de energía radiante emitidos por la atmósfera terrestre se encuentran también en torno a 1 KW.m^2, pero ocurren en una banda infrarroja de entre 5 y 25 µm de longitud de onda (radiación de onda larga). La proporción de radiación solar que alcanza un dispositivo depende de factores geométricos (como la latitud), y de características atmosféricas (como la absorción de radiación infrarroja por el vapor de agua, dióxido de carbono, etc.).

El espectro solar puede dividirse en tres grandes regiones; la región ultravioleta (λ<0,4 µm y en torno al 5% de irradiación), la región visible (entre 0,4µm< λ < 0,7 µm y alrededor del 43% de irradiación), y la región infrarroja (λ >0,7 µm y aproximadamente un 52% de irradiación).

La radiación solar incidente en la atmósfera desde el sol es la radiación G. Bajo la atmósfera, en la superficie terrestre, la radiación podrá verse desde la dirección del sol en el haz directo G_b (radiación directa), y también desde otras direcciones (radiación difusa G_d). Incluso en días oleados sin nubes, existe al menos un 10% de radiación difusa debido a las moléculas presentes en la atmósfera.

La insolación diaria (H) es la energía total por unidad de área recibida desde el sol.

$$H = \int_{t=0h}^{t=24h} G dt$$

La insolación diaria varía con la latitud y la estación. La variación estacional surge de tres factores; la variación de la longitud diaria, la orientación de la superficie que recibe la radiación, y la variación en la absorción atmosférica.

Los colectores de energía solar son un tipo especial de intercambiadores de calor, que transforman la energía presente en la radiación solar en energía interna. Absorben la radiación solar, convirtiéndola en calor y transfiriendo este calor a un fluido (normalmente aire, agua o aceite) que fluye a través de los colectores. La energía solar obtenida es llevada desde el fluido de trabajo a un tanque de almacenamiento de energía térmica. Los colectores solares pueden clasificarse según la captación de la radiación solar (no concentradores y concentradores), el movimiento (estático, de eje simple o de dos ejes) y por la temperatura de operación (temperatura baja, media y alta).

Se describen a continuación los diferentes tipos de colectores estacionarios:

- **Colectores de placa plana**: En este tipo de dispositivos, cuando la radiación solar pasa a través de la cubierta transparente, una gran parte de esta radiación es absorbida por la placa y transferidos al fluido de trabajo para transportar la energía para su almacenamiento. La parte baja de la placa y el costado de la cubierta están bien aislados para evitar las pérdidas por conducción. Los tubos de líquido están conectados a ambos lados por tubos colectores de gran diámetro. La cubierta transparente se utiliza para reducir las pérdidas por convección y radiación del colector, ya que el cristal es transparente ante la radiación de onda corta recibida del sol, pero casi opaco a la radiación térmica de onda larga emitida por la placa de absorción. Los colectores deben estar orientados directamente al ecuador (al sur en el norte, y al norte en el sur). El ángulo óptimo de inclinación es igual a la latitud del emplazamiento con variaciones de entre 10 y 15 grados.

Ilustración 9, Imagen de un colector de placa plana

Se describen a continuación los diferentes tipos de colectores estacionarios:

- **Colectores de tubo evacuado**: Estos colectores solares consisten en una tubería dentro de un tubo sellado al vacío. Este tipo de colectores demuestran que la combinación de una superficie selectiva y un supresor de convección efectivo pueden resultar en un buen rendimiento a altas temperaturas. El vacío reduce las pérdidas por conducción y convección, de forma que los colectores pueden operar a temperaturas superiores a los colectores de placa plana. Al igual que éstos, se aprovechan de la radiación tanto directa como difusa, a pesar de que su eficiencia es mayor a bajos ángulos de incidencia. Los colectores estacionarios cuentan con una tubería de cobre situada en un tubo aislado al vacío, que contiene una pequeña cantidad de fluido que realiza un ciclo de evaporación y condensación. En este ciclo, el calor solar evapora el fluido, que viaja hasta un disipador de calor donde se condensa de nuevo y libera su calor latente. El fluido condensado vuelve al colector solar, donde se repite el proceso.

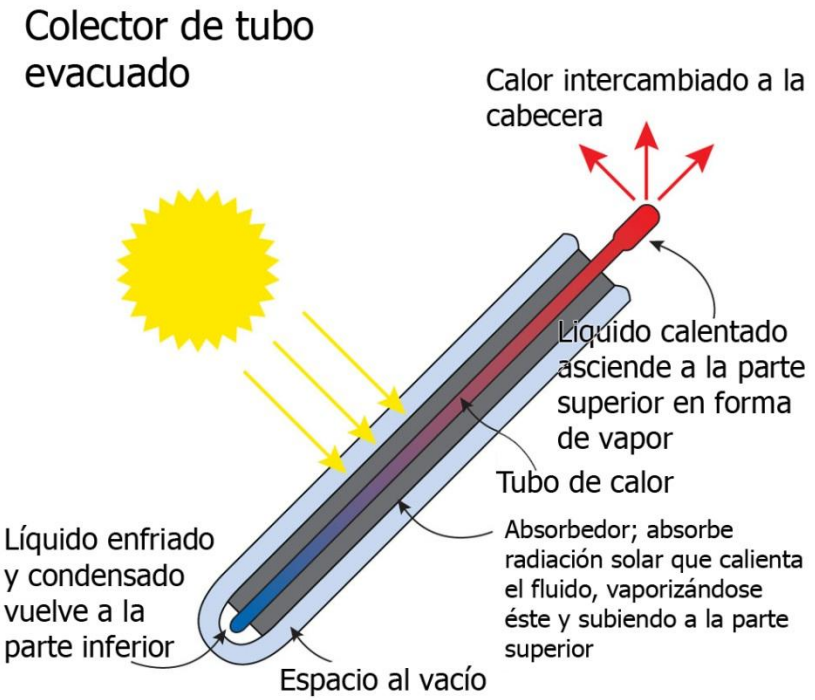


Ilustración 10, colector de tubo evacuado

- **Colectores parabólicos compuestos**: El absorbedor puede tener varias configuraciones (cilíndrico o plano). Tienen la capacidad de reflejar al absorbedor toda la radiación que índice dentro de los límites del colector. Utilizando múltiples reflexiones internas, cualquier radiación que entra por la apertura dentro del ángulo útil del colector llega a la superficie del absorbedor (situado en la parte baja del colector). Este tipo de colectores se cubren normalmente con cristal para evitar que polvo u otros materiales entren en el colector, reduciendo así la capacidad de reflexión de sus paredes.

Ilustración 11, colector parabólico compuesto

A continuación se describen los distintos tipos de colectores con sistema de seguimiento del sol:

- **Colectores cilindro parabólicos**: Este tipo de colectores se compone de una hoja de material reflectante doblada en forma parabólica. Un tubo de metal negro, recubierto de un tubo de cristal para reducir las pérdidas de calor, se sitúa a lo largo de la línea focal del receptor. Cuando la parábola se dirige hacia el sol, rayos paralelos inciden en el reflector, desviándose al tubo receptor. Es suficiente utilizar un único eje de seguimiento para seguir al sol, y así se producen largos módulos de colectores. Estos colectores son la tecnología solar más madura para generar calor a temperaturas por encima de 400 grados, para generar energía térmica.

Ilustración 12, colectores cilindro-parabólicos

- **Reflectores lineales Fresnel**: Esta tecnología se basa en una serie de líneas de espejo que concentran la luz en un receptor fijo montado en una torre lineal. Un campo de este tipo de colectores puede imaginarse como un reflector cilíndrico parabólico roto, pero no tiene que tener forma parabólica, pudiendo construirse grandes absorbedores. Además, el absorbedor no tiene que moverse. Una dificultad con este tipo de tecnología es evitar las sombras y el bloqueo entre reflectores adyacentes, cosa que se consigue espaciando los reflectores.

Ilustración 13, reflector lineal Fresnel

- **Reflectores de plato parabólico**: Este tipo de colector sigue el sol a lo largo de dos ejes, concentrando la energía solar en un recibidor localizado en el punto focal del plato. Este tipo de sistemas puede alcanzar temperaturas de más de 1500 grados. Debido a que siempre apuntan al sol, son el sistema más eficiente.

Ilustración 14, reflector de plato parabólico

- **Colector de campo de Heliostatos**: Multitud de espejos planos (o heliostatos) de utilizan para reflejar la radiación solar incidente en un objetivo común. Granes cantidades de energía térmica pueden ser dirigidas hacia la cavidad de un generador de vapor para producir vapor a alta temperatura y presión, minimizando los requerimientos de transporte de energía térmica. Son muy eficientes tanto obteniendo energía como convirtiéndola en electricidad. Son bastante grandes (normalmente más de 10 MW), y se benefician de las economías de escala.

Ilustración 15, colector de campo de heliostatos

Uso de energía solar pasiva; los sistemas solares pasivos convierten la radiación solar en calor por medio de la propia estructura del edificio. Se caracterizan por utilizar el exterior del edificio como absorbedor, y la estructura como almacén de calor. Se basa en la absorción de la radiación de onda corta, ya sea penetrando ésta a través de

elementos estructurales transparentes, o por el exterior del edificio. La energía se libera al exterior por convección y radiación de longitud de onda larga.

Los sistemas pasivos pueden componerse de cubiertas transparentes, absorbedores, almacenes de calor y protectores solares. La cubierta transparente permite una transmisión máxima de radiación solar así como un máximo aislamiento del exterior. Los absorbedores y almacenes de calor se integran en la estructura del edificio. Los protectores solares proporcionan una adecuada protección frente al sol en caso de que éste se encuentre en un ángulo muy alto, utilizando balcones o proyecciones.

Uso de la energía solar térmica; se tratan de instalaciones que convierten la radiación solar en calor para calentar piscinas, producir agua caliente sanitaria, etc. Este tipo de instalación se basa en la conversión de la radiación solar de onda corta en calor. Cuentan con un acumulador de calor –una cubierta sólida con material aislante además de dispositivos de entrada y salida para acumular el calor generado en el colector por la radiación solar-. Cuentan también con sensores y sistemas de control, diferentes en número y función según el tipo de sistema utilizado (circulación natural o forzada). Las tuberías conectan el colector y el acumulador de calor, y el material que las conforma vendrá definido por el tamaño de éstos elementos –además han de estar aisladas para evitar pérdidas-. El intercambiador de calor permite transferir el calor de un medio a otro, dependiendo esta transferencia de calor de la diferencia de temperatura entre los dos medios, el área del intercambiador y la velocidad de los flujos en ambos lados del intercambiador. Por último, las bombas se utilizan en los sistemas de circulación forzada.

Existen varios tipos de instalaciones a la hora de aprovechar la energía solar térmica; en los sistemas sin circulación, el medio de transferencia de calor y el líquido utilizado por el consumidor son el mismo fluido. Los sistemas abiertos de circulación natural, cuentan con dos tuberías que llegan y salen del colector, y un depósito abierto. En los sistemas cerrados de circulación natural, es necesario incluir un tanque de expansión, además de cerrar el depósito. Si el disipador de calor no puede situarse sobre los colectores, será necesario realizar una circulación forzada, que se logra incluyendo una bomba en el circuito –en este caso se hablaría de un sistema abierto de circulación forzada-. Por último, el sistema cerrado de circulación forzada está formado por un colector, un tanque de expansión, un depósito cerrado de almacenamiento de calor, y una bomba que mantiene el circuito en funcionamiento.

La energía solar térmica puede utilizarse también para producir electricidad, en las centrales de energía solar térmica. En éstas se sigue el siguiente proceso; se concentra la radiación solar mediante colectores, para después ser convertida en energía térmica

en el receptor. Se transfiere la energía térmica a una unidad de conversión de energía, donde ésta pasa a ser energía mecánica –utilizando una turbina de vapor-. La conversión de energía mecánica en energía eléctrica es el último paso, y se logra utilizando un generador. Se utilizan ciclos Joule y Clausius-Rankine.

Existen varios tipos de centrales termo solares; La central eléctrica solar con torre, utiliza espejos que siguen el curso del sol a lo largo de dos ejes y reflejan la radiación solar hacia un receptor situado en el centro, donde ésta se convierte en calor y transferida a un medio que mueve un motor térmico convencional. Los sistemas Stirling consisten en un concentrador de forma parabólica, un receptor solar y un motor Stirling conectado a un generador. Los concentradores parabólicos siguen al sol en dos ejes, reflejando la radiación solar en un receptor posicionado en el foco del concentrador. La central eléctrica de colectores parabólicos consiste en campos de colectores parabólicos que reflejan la radiación hacia un absorbedor posicionado en la línea focal del concentrador. Estos colectores siguen el sol únicamente en un eje. La central eléctrica de aire ascendente consiste en un tejado plano circular que forma un colector de aire, y en su centro cuenta con una chimenea vertical provista de granes aberturas para el suministro de aire. El aire caliente es de menor densidad que el frío, de forma que sube a lo alto de la chimenea moviendo a su paso turbinas para generar electricidad. Por último, la central eléctrica de estanque solar, utiliza el efecto del agua estratificada como base para el colector. Las capas más profundas del agua sirven como absorbedor de la radiación solar directa y difusa que incide en el estanque. Puede extraerse calor del fondo del estanque, el cual es apto para hacer funcionar ciclos termodinámicos y generar así electricidad.

Anejo 2 Alcance del estudio

En el proyecto de investigación propuesto, se investigará la posibilidad de implantar una central de biomasa en Cantabria.

Primeramente se determinará la localización idónea de una central de este tipo basándose en minimizar costes de transporte en referencia al suministro de combustible, para lo cual se tendrán en cuenta las masas arboladas de eucalipto presentes a día de hoy en la comunidad.

Para estimar la viabilidad de la implantación de la central, se estudiarán distintos factores con el fin de averiguar si es viable. El primero y más importante es el suministro de biomasa a la central, de forma que el proyecto de investigación propuesto se centrará primero en este aspecto. Se evaluarán las distintas fuentes de biomasa presentes en este momento en Cantabria, y se estudiará la posibilidad de reacondicionar otras zonas actualmente desarboladas o en mal estado de conservación, pudiéndose repoblar éstas con el fin de obtener más biomasa que pueda abastecer la central. Además del combustible, se estudiarán también las diferentes zonas a repoblar conforme a su cercanía con núcleos de población de importancia o vías de acceso a las mismas –las cuales facilitarían el trabajo de extracción de la biomasa-.

Una vez terminado el estudio, se llegará a una conclusión, determinando si es o no posible la existencia de una central de biomasa en Cantabria tomando las medidas anteriormente propuestas para aumentar la producción de biomasa de la comunidad, y no dependiendo así de suministro externo de biomasa desde otras comunidades.

Anejo 3 Estado del arte

3.1 La biomasa y los biocombustibles

Se designa con el nombre de biomasa a un conjunto heterogéneo de materias orgánicas, tanto por su origen como por su naturaleza y composición, que pueden emplearse para obtener energía. Esta fuente energética se basa en el uso de la materia orgánica formada por vía biológica así como los productos derivados de ésta. En consecuencia, se consideran también biomasa la materia orgánica de las aguas residuales, los lodos de depuradora y la fracción orgánica biodegradable de los residuos sólidos urbanos, aunque dadas las características específicas de estos residuos se suelen considerar como un grupo aparte. La biomasa como materia orgánica originada en un proceso biológico (espontáneo o provocado) tiene carácter de energía renovable porque su contenido energético procede en última instancia de la energía solar fijada por los vegetales en el proceso fotosintético. Al romper los enlaces de los compuestos orgánicos, por combustión directa de biomasa o combustión de productos obtenidos de ella mediante transformaciones físicas o químicas, para dar dióxido de carbono y agua como productos finales, se libera energía. La biomasa puede proporcionar energía mediante su transformación en materiales sólidos, líquidos y gaseosos. Los productos procedentes de la biomasa que se usan con fines energéticos se denominan biocombustibles, especialmente aquellos sólidos y gases que se aplican con fines térmicos y eléctricos.

La biomasa natural, abarca los bosques, árboles, matorrales y plantas de cultivo. Es por tanto aquella producida sin intervención humana. El problema que presenta este tipo de biomasa es la gestión y el transporte del recurso al lugar de uso, que puede provocar que la explotación de este tipo de biomasa sea inviable económicamente.

La biomasa residual es aquella generada en las actividades de agricultura y ganadería, en la industria forestal, la maderera y la agroalimentaria. Ejemplos de este tipo de biomasa pueden ser el serrín, las podas o aguas residuales urbanas. Existen dos tipos de biomasa residual, seca y húmeda.

- La **biomasa residual seca**, puede dividirse en tres subgrupos; biomasa residual forestal, agrícola y residuos de industrias agroalimentarias o de transformación de la madera. Dentro del primer subgrupo, se encuentran los restos de las principales actividades silvícolas (podas o raleos) y los restos de ramas tras la corta final en los aprovechamientos forestales. En el caso de la biomasa agrícola, pueden considerarse los restos de los cultivos tales como el maíz, trigo, frijol o arroz entre otros tras obtener el producto principal. En el último subgrupo se encuentran los restos de actividades agroalimentarias y forestales

(como son la pulpa del beneficiado de café, el bagazo de la caña de azúcar o la lepa y el aserrín de los aserraderos).

Ilustración 16, biomasa residual seca

- Se denomina **biomasa residual húmeda** a todos aquellos flujos residuales de origen orgánico resultantes de la actividad humana o animal, los cuales se pueden dar en ciudades (agua residual urbana), industrias (residuos industriales biodegradables) e instalaciones agropecuarias (residuos ganaderos). También lo son los desechos sólidos urbanos (basura orgánica), que por su alto contenido de humedad son tratados mediante procesos biológicos (en caso de que a los desechos sólidos urbanos se les dé un tratamiento previo de secado, pasan a formar parte del grupo de la biomasa residual seca).

Ilustración 17, biomasa residual húmeda

La biomasa residual húmeda, por su alto contenido en materia orgánica, puede llegar a considerarse contaminante, ya que en su proceso de descomposición se generan metano y dióxido de carbono. La contaminación que este tipo de biomasa produce no se debe solamente a la generación de estos compuestos indicados anteriormente, sino que al ser vertida en ríos o lagos, los microorganismos que la descomponen utilizan el oxígeno disuelto en los mismos afectando al resto de ecosistema subacuático. Además, por las altas concentraciones de nitrógeno producto de la formación de metano, se puede dar un elevado crecimiento de algas, que contribuye también al consumo de oxígeno disuelto en el agua causando así la muerte de otros seres vivos.

Los cultivos leñosos para la obtención de biomasa con fines energéticos consisten en plantaciones o siembras de especies con determinadas características, como son la rapidez de crecimiento o la capacidad de rebrote después de la costa, con el objeto de producir una mayor cantidad de biomasa por unidad de superficie y tiempo. Además de las especies arbóreas, existen especies arbustivas que también pueden ser utilizadas como especies energéticas (como son la retama, el escobón o el tojo).

Los biocombustibles: Se denomina biocombustibles a los productos procedentes de la biomasa y destinados a la automoción. Este tipo de productos tienen una importancia especial debido al gran consumo de carburantes derivados del petróleo para el transporte.

Los biocombustibles pueden clasificarse según diferentes criterios; considerando el proceso de transformación de la biomasa en biocombustible, existen varias opciones. La transformación únicamente física de residuos de otras actividades que emplean

biomasa. La fermentación anaeróbica de una mezcla de azúcares y agua para obtener una mezcla de alcohol y agua con emisión de dióxido de carbono. La transesterificación de los triglicéridos procedentes de aceites vegetales y grasas animales con metanol para obtener una mezcla de ésteres, previa separación de la glicerina, cuyo comportamiento como carburante es similar al diésel procedente del petróleo. La metanización de residuos orgánicos para obtener biogás y un sólido que puede utilizarse como abono de los suelos.

Los biocombustibles también pueden clasificarse según las materias primas de las que proceden. Los biocombustibles de primera generación utilizan materias primas de uso alimentario y fermentación o transesterificación como tecnologías de proceso. Los de segunda generación utilizan materias primas de tipo herbáceo o leñoso, diferenciadas de la primera generación al carecer de usos en alimentación. Los biocombustibles de tercera generación son aquellos obtenidos a partir de cultivos bioenergéticos, específicamente diseñados para mejorar la conversión de biomasa en biocombustibles. La cuarta generación de biocombustibles engloba a los que además de cumplir los requisitos de la tercera generación, mejoran la capacidad de captura y almacenamiento de dióxido de carbono.

- **Los biocombustibles sólidos**: Los biocombustibles sólidos más importantes, combustibles de tipo primario, son los constituidos por materiales lignocelulósicos procedentes del sector agrícola o forestal y de las industrias de transformación que producen este tipo de residuos. La paja, los restos de podas o los aclareos de masas forestales son el tipo de materia empleada en la elaboración de biocombustibles sólidos de origen agrario. Mediante la combustión de esta biomasa se obtiene energía que se aprovecha directamente como energía térmica o se transforma en energía eléctrica. El poder calorífico inferior, variable con la humedad del combustible, es la característica más representativa de su calidad, además de su densidad, la dispersión en el terreno o la distancia al lugar de aprovechamiento.

Aunque una parte importante de la biomasa se usa directamente, las nuevas aplicaciones de los biocombustibles sólidos se basan en un tratamiento capaz de acondicionarla a los requerimientos de la demanda. Las formas más generalizadas de uso de este tipo de combustible son astillas, serrín, pellets y briquetas.

Las astillas constituyen un material adecuado para ser empleado en hornos cerámicos, de panadería, viviendas individuales, calefacción centralizada de núcleos rurales o pequeñas industrias. Se obtienen a partir de los restos leñosos de los tratamientos silvícolas, de las operaciones de cortes de madera o de las podas de árboles de cultivos leñosos. Cuando las astillas se van a utilizar en quemadores específicos (que necesitan

inyectores) es preciso moler la biomasa para obtener un combustible más fino y eliminar restos que puedan acompañar al material hidrocarbonado.

La biomasa se transforma en briquetas para aumentar su densidad. Este biocombustible se presenta en forma de cilindros de 50 a 130 mm de diámetro, y con una longitud de 5 a 30mm, resultando una densidad de entre 1000 y 1300 kg/m^3. Su fabricación se realiza con prensas en las que el material se calienta y se somete a altas presiones con el fin de que en su interior se desarrollen procesos termoquímicos capaces de generar los productos adherentes que favorecen la cohesión del material. Este mismo objetivo puede conseguirse a presiones más bajas añadiendo adherentes.

Ilustración 18, ejemplo de biocombustible sólido

Los pellets son similares a las briquetas, pero más pequeños. Estos cilindros se preparan con prensas de granulación, similares a las utilizadas para la fabricación de piensos para animales. La compactación se consigue de forma natural o mediante la adición de compuestos químicos que no contengan elementos que originen problemas ambientales, o aparición de contaminantes en la corriente de gases de escape ajenos a los propios de la biomasa, durante el proceso de combustión. La materia prima ha de tener poca humedad y baja granulometría.

El carbón vegetal, que procede de un tratamiento térmico de la biomasa leñosa en atmósferas de bajo contenido en oxígeno, constituye otro grupo de biocombustibles sólidos. Al ser resultado de una alteración termoquímica de la biomasa primaria, se considera un biocombustible de naturaleza secundaria. El carbón vegetal se obtiene mediante la combustión lenta y parcial de biomasa leñosa con un cierto contenido en humedad a una temperatura variable de entre 200 y 600 ^{o}C. El poder calorífico del

producto obtenido varía entre 6000 y 8000 kcal/kg, dependiendo del contenido de cenizas de madera.

- **Los biocombustibles líquidos**: Se denominan biocombustibles líquidos o biocarburantes a una serie de productos de origen biológico utilizables como combustibles de sustitución de los derivados de petróleo o como aditivos de éstos para su uso en motores. Actualmente sólo son comerciales los de primera generación (etanol y biodiesel). En ambos casos las materias primas de las que proceden tienen también un uso alimentario.

El bioetanol es un compuesto químico obtenido a partir de la fermentación de los azúcares de ciertas plantas. Ha de purificarse mediante destilación para eliminar casi todo el agua, acercándose a una concentración cercana al 100%. El bioetanol puede obtenerse a partir de la remolacha y la caña de azúcar (plantas muy ricas en azúcar), cereales (como el maíz, el trigo o la cebada) e incluso a partir de la patata (por hidrólisis en el caso de los cereales y tubérculos). Puede obtenerse también de residuos vegetales forestales agrícolas, como son la leña, la broza o los restos de cosechas (en estos casos también se obtiene por hidrólisis).

El bioetanol puede utilizarse como aditivo en las gasolinas, además de cómo carburante en coches con motor de gasolina (de explosión o de ciclo Otto). Lo más habitual es emplearlo mezclado con gasolina en diferentes cantidades.

Si el porcentaje de bioetanol es bajo (entre un cinco y un diez por ciento, E5 y E10), casi cualquier motor de gasolina puede funcionar con él (a excepción de motores muy antiguos, que no admiten más d un 5% de bioetanol).

En caso de que el porcentaje de bioetanol en la gasolina sea alto (en torno al 85% de bioetanol y únicamente un 15% de gasolina, E85), se requieren motores adaptados para poder utilizarlo, en este caso los motores de gasolina denominados Flexifuel.

Para concentraciones del 100% (E100, únicamente bioetanol), normalmente se requieren motores especiales diseñados para utilizar este tipo de combustible.

El bioetanol tiene un índice de octanaje superior al de la gasolina, de forma que se obtendrá más potencia de un mismo motor en caso de utilizar bioetanol en lugar de biodiesel. Sin embargo, el bioetanol tiene un poder calorífico inferior y es necesaria una mayor cantidad de carburante en relación a la gasolina convencional para recorrer la misma distancia, de forma que el consumo del motor aumenta.

El biodiesel es un biocombustible obtenido por la transesterificación de triglicéridos (aceite). El producto obtenido es muy similar al gasóleo obtenido del petróleo, y puede

utilizarse en motores de ciclo diésel (aunque algunos motores requieren modificaciones.

El proceso de transesterificación consiste en combinar el aceite (normalmente vegetal) con alcohol ligero (normalmente metano), de forma que se obtiene como residuo la glicerina, que puede ser aprovechada por diversas industrias. La fuente de aceite vegetal suele ser de colza, ya que es la planta con mayor rendimiento de aceite por hectárea, pero también pueden utilizarse aceites usados de forma que el coste de la materia prima se abarata y se reciclan residuos.

Ilustración 19, ejemplo de biocombustible líquido

El biodiesel cuenta con varias ventajas; es un combustible que no perjudica al medioambiente, puesto que es un combustible de origen vegetal en su totalidad. Se produce a partir de materias primas renovables, además de permitir el reciclado de aceites. No contiene azufre (agente que sí se encuentra en el gasóleo), evitando así las emisiones de SOx. Mejora la combustión, reduciendo las emisiones de hollín ya que disminuye la presencia de inquemados. Produce menos cantidad de dióxido de carbono durante su combustión, y no contiene benceno u otras sustancias aromáticas cancerígenas. Es fácilmente biodegradable, y posee un alto poder lubricante (reduciendo el desgaste del motor).

Asimismo, el biodiesel cuenta con algunas desventajas; a bajas temperaturas puede empezar a solidificar, generando cristales que pueden obstruir los conductos de combustible. Puede degradar ciertos materiales debido a sus propiedades solventes, de forma que varios componentes del motor han de ser modificados para su uso. Además, su coste puede ser más elevado que el diésel procedente del petróleo.

- **Los biocombustibles gaseosos**: El biogás es una fuente de energía obtenida a base de desechos orgánicos. Cuenta con numerosos beneficios y es una forma de energía limpia y renovable.

Se obtiene a partir de la digestión anaeróbica de los materiales orgánicos. Este recurso energético es una mezcla de dióxido de carbono y metano. Es utilizado como combustible, presenta un valor calorífico de 23 MJ/Kg y posee un potencial de calentamiento 25 veces superior al del dióxido de carbono. Este tipo de energía renovable puede sustituir a los combustibles fósiles, y permite cocinar, calentar y generar electricidad. Al igual que el gas natural, el biogás permite generar electricidad a partir de motores de combustión interna conectados a un generador.

Para hacerse una idea del potencial de biogás, con un metro cúbico de biogás se pueden generar 6 horas de luz equivalente a una bombilla de 60 vatios, poner a funcionar un refrigerador de un metro cúbico de capacidad durante una hora, hacer funcionar una incubadora de un metro cúbico de capacidad durante media hora, o hacer funcionar un motor de un caballo de potencia durante dos horas.

El biogás se genera dentro de unos contenedores cerrados (o biodigestores), herméticos e impermeables, donde se coloca la materia orgánica. Este sistema genera un bajo impacto ambiental, y no requiere el empleo de personal altamente cualificado. Además, se obtienen fertilizantes orgánicos que se reincorporan a la tierra. Los biodigestores se pueden construir con distintos materiales (acrílico reforzado con fibra de vidrio, hule o polietileno). Un biodigestor se compone de un reactor donde se introducen las materias primas por digerir, el contenedor de gas (con los accesorios para la salida de biogás), la entrada para cargar las materias orgánicas y la salida o descarga de materias orgánicas estabilizadas.

Existen varios tipos de biodigestores:

- **Biodigestores Continuos**: Este tipo de biodigestores es el de diseño más común y apropiado para pequeñas instalaciones (tamaño de un hogar), puesto que no requiere de conocimiento especializado ni de maquinaria grande. El biodigestor continuo tiene tres orificios; uno central que se cierra tras realizar la carga inicial y es abierto después para limpiar el biodigestor. Un segundo orificio se usa para cargarlo diariamente en pequeñas cantidades con biomasa nueva, y el tercer orificio permite sacar el bioabono de forma periódica. Este biodigestor posee un diseño favorable para ser llenado con materiales blandos (como por ejemplo el estiércol). El biodigestor continuo tiene la ventaja de que permite controlar la digestión requerida mediante la cantidad de biomasa que se deposita diariamente. Además, la carga y descarga del biodigestor no requiere

de operaciones especializadas. Sin embargo, el biodigestor continuo también tiene desventajas; su diseño no es adecuado para tratar materiales más pesados que el agua puesto que no cuenta con un agitador, puede tener problemas de limpieza y espuma, y requiere un alto consumo de agua.

Ilustración 20, biodigestor continuo

- **Biodigestores Discontinuos**: También conocidos como de carga intermitente, este tipo de biodigestores tiene solamente un acceso por donde se carga y se descarga la materia orgánica. Se carga una sola vez para ser llenado y se descarga una vez concluida la fermentación. Aunque se puede emplear este diseño a pequeña escala, es más común a nivel industrial. El biodigestor discontinuo tiene la ventaja de poder procesar gran cantidad de materiales, además de poder llenarse con materiales secos que no absorben humedad, así como pasto o desechos de alimentos. Además, no requiere atención diaria. No obstante, cargar y descargar este tipo de biodigestor requiere mucho trabajo.

3.2 Estado científico de la materia

Se han buscado estudios con una temática similar a este en distintas bases de datos, como son Scopus, Engineering Village, IEEE Xplore, Dialnet, Web of Science, Pubmed, JSTOR o CSIC. No se ha encontrado ningún artículo que trate este tema en concreto, lo cual indica que no hay desarrollo científico sobre esto, pudiendo constituir una futura línea de investigación.

3.3 Estudio de inventariado de bosques (por especies)

La superficie arbolada de Cantabria se compone de diferentes formaciones arbóreas, que se han agrupado en quince formaciones dominantes atendiendo principalmente a criterios de especie/s principal/es y estructura de la masa (en casos específicos como

los bosques de ribera o las repoblaciones de producción). Estas formaciones pueden agruparse a su vez según condicionantes de pureza y tipo de masa, obteniendo unos subtotales de los que se deduce que más de la mitad de los bosques cántabros son masas puras de frondosas autóctonas, y que casi una cuarta parte de los mismos están formados por repoblaciones de producción. También es destacable la presencia de bosques en mezcla de frondosas autóctonas, pues suponen el 17% de la superficie restante.

A continuación se realiza un análisis pormenorizado de las principales formaciones arboladas de la provincia, con los resultados obtenidos a partir de las parcelas levantadas en campo en cada formación, que se presentan por orden decreciente de importancia según su superficie.

Eucaliptales (*Eucalyptus spp*.)

Los eucaliptales son la principal formación arbolada en superficie de Cantabria, ocupando casi 40.000 hectáreas (un 19% de la superficie arbolada), que suponen el 24% de los pies mayores de la provincia, el 18% de su volumen maderable y el 21% de sus pies menores.

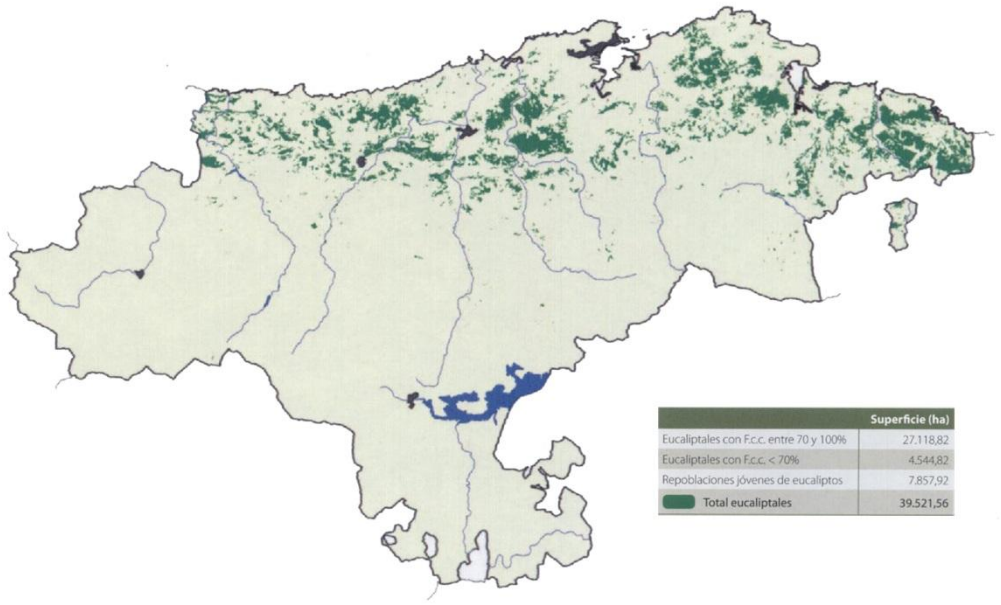


Ilustración 21, distribución de los eucaliptales

Distribución de las existencias por especie			
Especie	**Pies Mayores (%)**	**VCC (%)**	**Pies menores (%)**
Eucaliptus globulus	95,59	95,37	75,9
Resto de coníferas	4,41	4,63	24,1

Densidad de la formación (existencias por hectárea)	
Pies mayores (pies/ha)	873,04
VCC (m^3/ha)	123,75
Pies menores (pies/ha)	1.059,82

Tabla 3, distribución de eucaliptos por especie y densidad de la formación

Bosques mixtos de frondosas autóctonas

Los bosques mixtos de frondosas autóctonas son una formación presente por todo el territorio cántabro, sobre el que ocupan el 17% de su superficie arbolada en exposición preferentemente de umbría (60% frente al 40% de sollana). El avellano y la encina (*Carylus avellana* y *Quercus iles* respectivamente) son las especies más abundantes en número, aportando en concreto gran cantidad de pies menores y pies en la clase diamétrica 10, ya que debido a sus portes característicos es frecuente que presenten pies adultos con diámetros muy reducidos. Otras especies importantes en las mezclas son hayas y robles (*Fagus sylvatica* y *Quercus robur*), sobre las que recae el peso principal del volumen maderable de la formación.

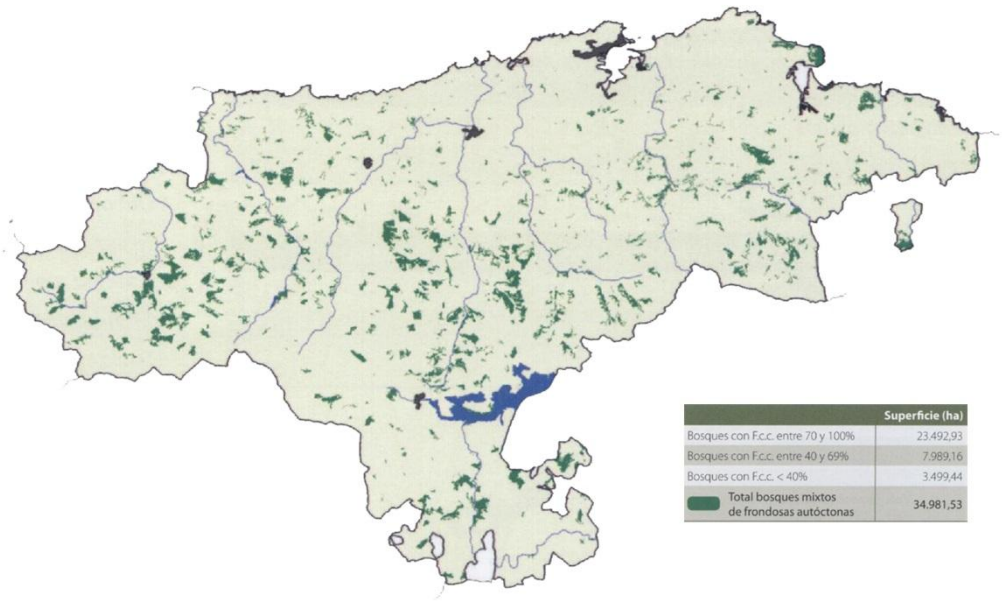


Ilustración 22, distribución de los bosques mixtos de frondosas autóctonas

Distribución de las existencias por especie			
Especie	Pies Mayores (%)	VCC (%)	Pies menores (%)
Corylus avellana	16,61	2,95	48,65
Quercus ilex	14,33	6,10	8,79
Fagus sylvatica	9,04	24,08	4,39
Quercus robur	7,91	23,73	0,89
Quercus pyrenaica	7,81	9,02	2,40
Ilex aquifolium	7,33	1,43	9,00
Castanea sativa	6,59	8,92	0,99
Otras frondosas	9,40	3,92	7,98
Arbutus unedo	5,58	1,23	5,85
Crataegus monogyna	4,75	2,33	7,64
Quercus petraea	3,35	9,37	0,43

Salix atrocinerea	2,77	2,46	1,11
Betula alba	1,52	1,00	0,17
Fraxinus excelsior	1,32	1,16	0,45
Resto de especies	1,69	2.30	1,26

Densidad de la formación (existencias por hectárea)	
Pies mayores (pies/ha)	636,62
VCC (m^3/ha)	109,45
Pies menores (pies/ha)	1.519,55

Tabla 4, distribución de bosques mixtos por especie y densidad de la formación

Hayedos (*Fagus sylvatica*)

En Cantabria los hayedos ocupan el 15% de la superficie forestal arbolada, presentándose en las zonas de mayor altitud, desde el oeste, en Picos de Europa, hacia el Este por toda la Cordillera Cantábrica, más de la mitad de la superficie de esta formación se sencuentra en altitudes comprendidas entre los 800 y 1200 metros y casi el 75% en exposición de umbría.

Son la segunda formación con mayor volumen maderable por hectárea, sólo superada por los pinares de *Pinus radiata*, lo que conlleva que los hayedos sean la formación que más volumen de madera aporta a la provincia, el 23% de las existencias totales siendo sin embargo la tercera formación en número de pies mayores.

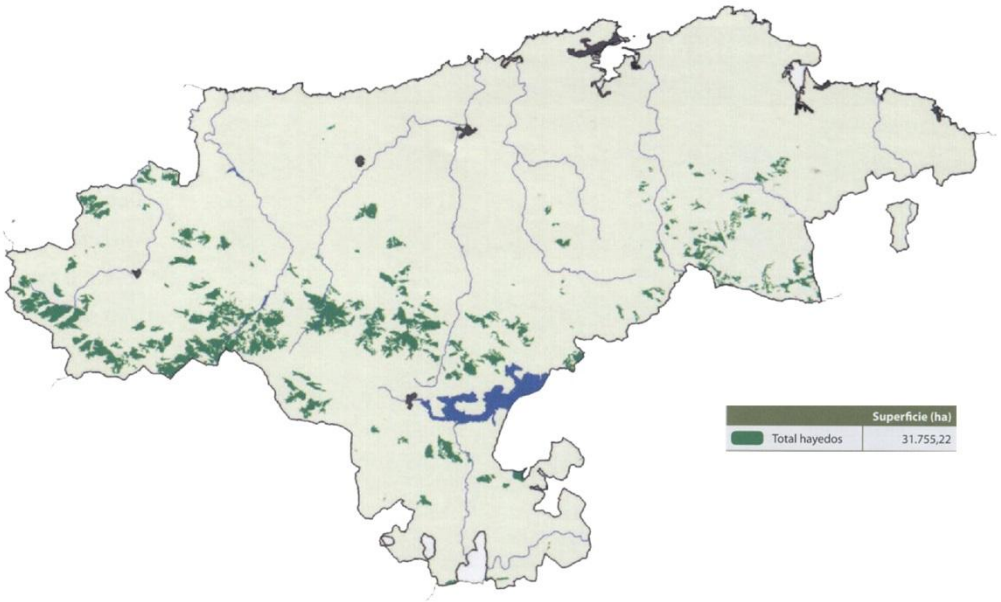


Ilustración 23, distribución de los hayedos

Distribución de las existencias por especie			
Especie	Pies Mayores (%)	VCC (%)	Pies menores (%)
Fagus sylvatica	80,82	92,57	48,21
Ilex aquifolium	5,69	0,59	7,47
Corylus avellana	3,98	0,33	32,77
Otras frondosas	2,04	0,52	2,19
Crataegus monogyna	1,83	0,42	7,57
Quercus petraea	1,81	2,84	0,00
Betula alba	1,52	0,54	0,70
Resto de especies	2,31	2,19	1,09

Densidad de la formación (existencias por hectárea)

Pies mayores (pies/ha)	573,95
VCC (m^3/ha)	201,55
Pies menores (pies/ha)	515,45

Tabla 5, distribución de los hayedos por especie y densidad de la formación

Robledales de *Quercus robur* y/o *Quercus petraea*

Los robledales se distribuyen prácticamente por toda la provincia, densificando su presencia en las zonas centrales, al norte y al sur de la cordillera Cantábrica. Ocupan más de 27.000 hectáreas que suponen el 11% de los robledales a nivel estatal. El 70% de su superficie se encuentra entre los 200 y 800 metros de altitud, y aunque son más las masas en umbría, no existe una exposición claramente dominante.

La presencia de bosques de *Quercus robur* o *Quercus petraea* es muy similar, pudiendo aparecer también hibridados. Cabe destacar también la presencia del avellano (*Carylus avellana*) en estas formaciones con presencia abundante de pies menores y pies en las primeras clases diamétricas.

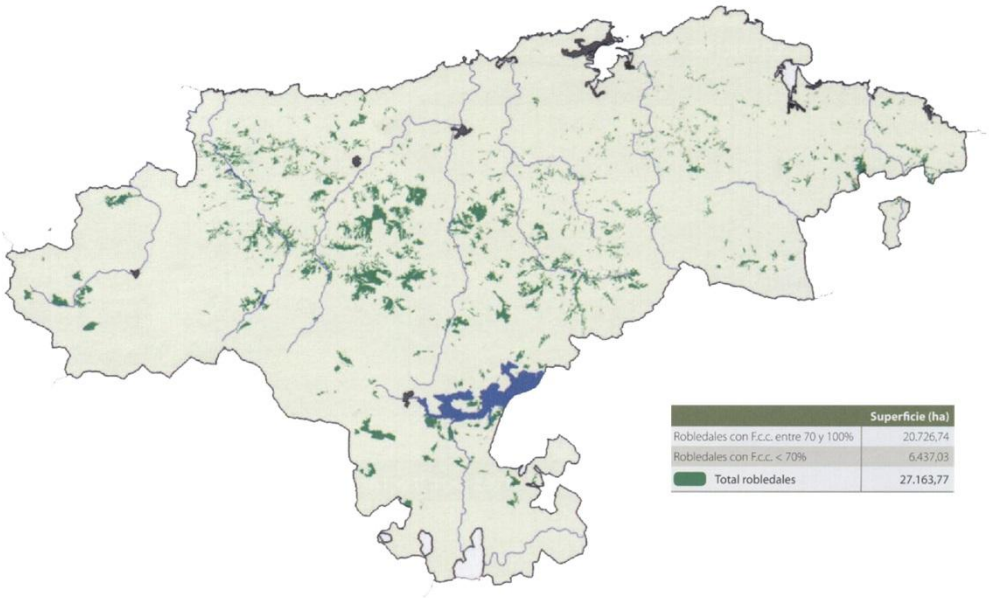


Ilustración 24, distribución de los robledales

Distribución de las existencias por especie			
Especie	Pies Mayores (%)	VCC (%)	Pies menores (%)
Quercus robur	38,46	55,56	9,76
Quercus petraea	35,28	33,17	6,02
Corylus avellana	7,65	0,67	57,03
Ilex aquifolium	4,38	0,42	9,34
Fagus sylvatica	2,66	3,45	2,05
Salix atrocinerea	2,04	0,95	2,35
Castanea sativa	2,03	1,41	2,77
Crataegus monogyna	1,79	0,44	6,01
Betula alba	1,59	0,76	0,00
Otras frondosas	1,55	0,60	2,35

Quercus pyrenaica	1,01	0,75	0,00
Resto de especies	1,56	1,82	2,32

Densidad de la formación (existencias por hectárea)	
Pies mayores (pies/ha)	466,66
VCC (m^3/ha)	159,88
Pies menores (pies/ha)	620,79

Tabla 6, distribución de robledales por especie y densidad de la formación

Melojares (*Quercus pyrenaica*)

El melojo presenta en Cantabria 27.000 hectáreas de masas bastante puras, sin una preferencia clara en cuanto a la exposición, aunque es ligeramente mayor la de solana, de las cuales más de la mitad aparecen en fracciones de cabida cubierta superiores al 70%, y un 13% corresponden con masas en estado de monte bravo o repoblado.

Los melojares se presentan mayoritariamente en dos localizaciones diferenciadas: al oeste, en el centro de la comarca de Liébana, bordeados por los Picos de Europa y la Cordillera Cantábrica, y al sur de la provincia, en zonas de altitud media (el 90% en superficie se concentran entre los 600 y los 1.200 metros de altitud).

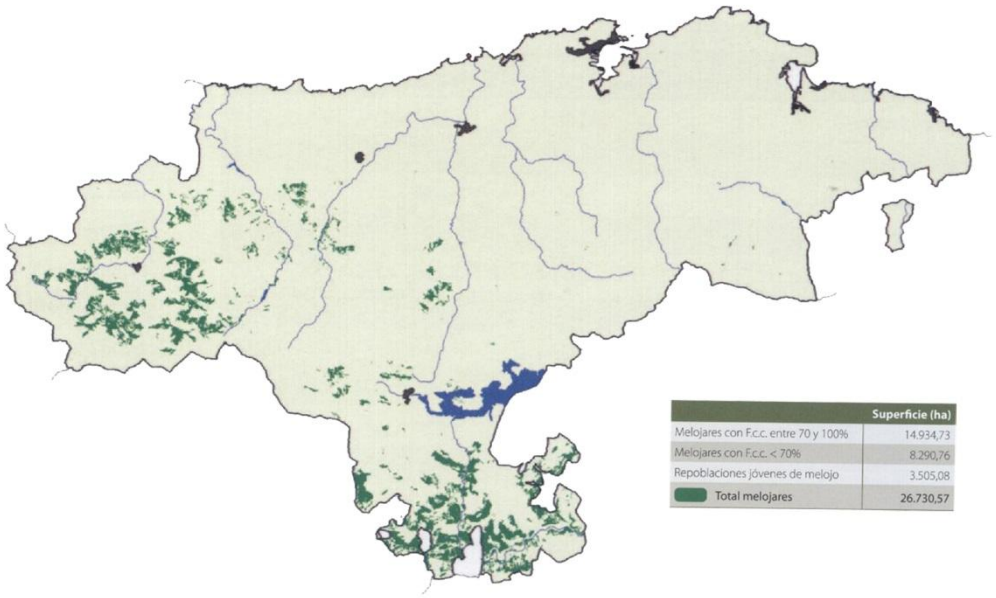


Ilustración 25, distribución de los melojares

Distribución de las existencias por especie			
Especie	**Pies Mayores (%)**	**VCC (%)**	**Pies menores (%)**
Quercus pyrenaica	94,24	94,06	68,63
Crataegus monogyna	1,01	0,67	9,72
Resto de especies	4,75	5,27	21,65

Densidad de la formación (existencias por hectárea)	
Pies mayores (pies/ha)	655,23
VCC (m^3/ha)	79,66
Pies menores (pies/ha)	992,21

Tabla 7, distribución de melojares por especie y densidad de la formación

Encinares (*Quercus ilex*)

Los encinares en Cantabria aparecen localizacos en tres zonas de la provincia: en manchas dispersas al este y al oeste, y en una zona muy localizada al sureste, a ambos lados del río Ebro. Aunque la presencia de encina es mayoritaria en estos bosques, existen algunas especies acompañantes con cierta relevancia en pies menores, frondosas de porte menor agrupadas con el nombre "Otras frondosas" como el laurel o el labiérnago (*Laurus nobilis* y *Phillyrea latifolia* respectivamente).

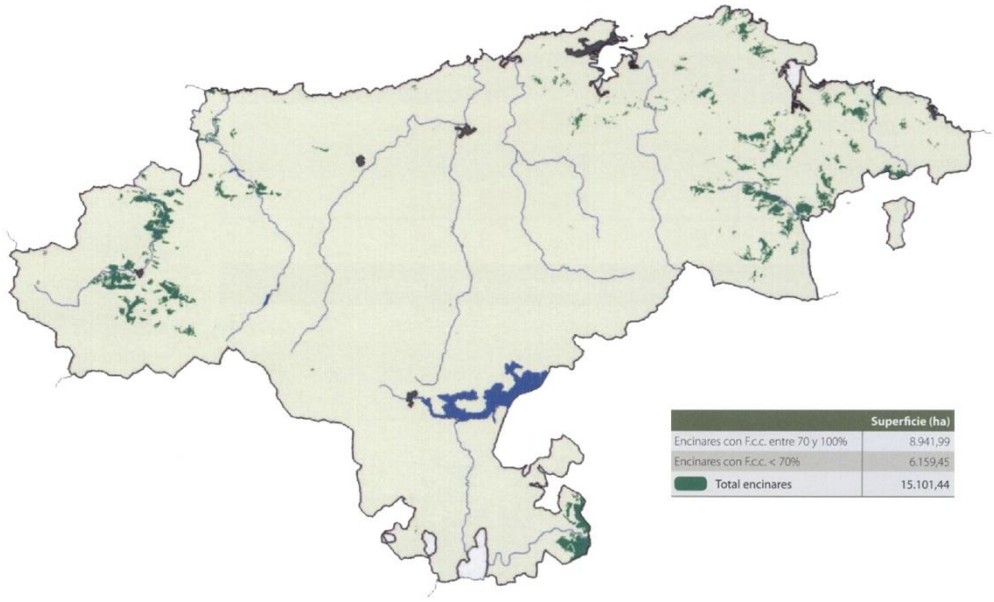


Ilustración 26, Distribución de los encinares

Distribución de las existencias por especie			
Especie	**Pies Mayores (%)**	**VCC (%)**	**Pies menores (%)**
Quercus ilex	80,69	80,80	64,77
Otras frondosas	6,98	3,86	19,06
Arbutus unedo	5,68	2,81	5,04
Quercus robur	2,17	5,27	0,18
Castanea sativa	1,26	2,06	0,28
Crataegus monogyna	1,19	1,29	4,59
Quercus pyrenaica	1,11	1,52	2,01
Resto de especies	0,92	2,39	4,07

Densidad de la formación (existencias por hectárea)	
Pies mayores (pies/ha)	873,02
VCC (m^3/ha)	64,99
Pies menores (pies/ha)	1.432,09

Tabla 8, distribución de los encinares por especie y densidad de la formación

Pinares de *Pinus radiata*

En Cantabria existen algo más de 9.000 hectáreas de plantaciones de *Pinus radiata*, repartidas de forma homogénea por toda la zona central de la provincia, en cotas por lo general no superiores a los 600 metros y en exposición preferentemente de umbría. Estos pinares son la formación con mayores existencias en volumen por hectárea, alcanzando los 252 metros cúbicos. El *Pinus radiata* presenta escasa regeneración natural lo que propicia la introducción de regeneración de frondosas autóctonas en sus masas, tal como evidencia la abundancia de pies menores de estas especies.

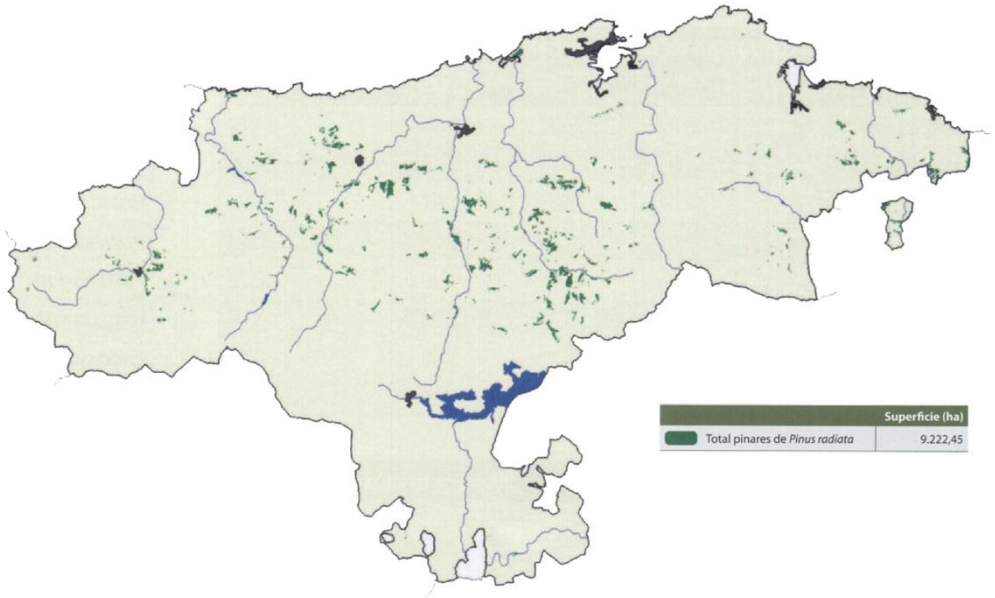


Ilustración 27, distribución de Pinus radiata

Distribución de las existencias por especie			
Especie	Pies Mayores (%)	VCC (%)	Pies menores (%)
Pinus radiata	85,36	96,95	20,00
Quercus robur	3,44	1,18	2,79
Salix atrocinerea	2,57	0,64	7,91
Otras frondosas	1,87	0,17	1,86
Crataegus monogyna	1,42	0,22	4,19
ilex aquifolium	1,17	0,07	1,40
Carylus avellana	1,00	0,05	22,33
Resto de especies	3,17	0,72	39,52

Densidad de la formación (existencias por hectárea)	
Pies mayores (pies/ha)	489,86
VCC (m^3/ha)	251,95
Pies menores (pies/ha)	350,94

Tabla 9, distribución de Pinus Radiata por especie y densidad de la formación

Pinares de pino albar (*Pinus sylvestris*)

Con una extensión similar a los pinares de *Pinus radiata*, el pino albar se distribuye por loa mitad sur de la provincia en altitudes por lo general superiores a los 800 metros y exposición mayoritaria de solana, formando masas con fracciones superiores al 70% en su mayoría. Es descatable la importancia del *Quercus robur* como especie acompañante, su alto porcentaje de presencia en pies menores evidencia el avance de la frondosa en aquellas zonas más meridionales, donde ambas especies comparten condiciones óptimas.

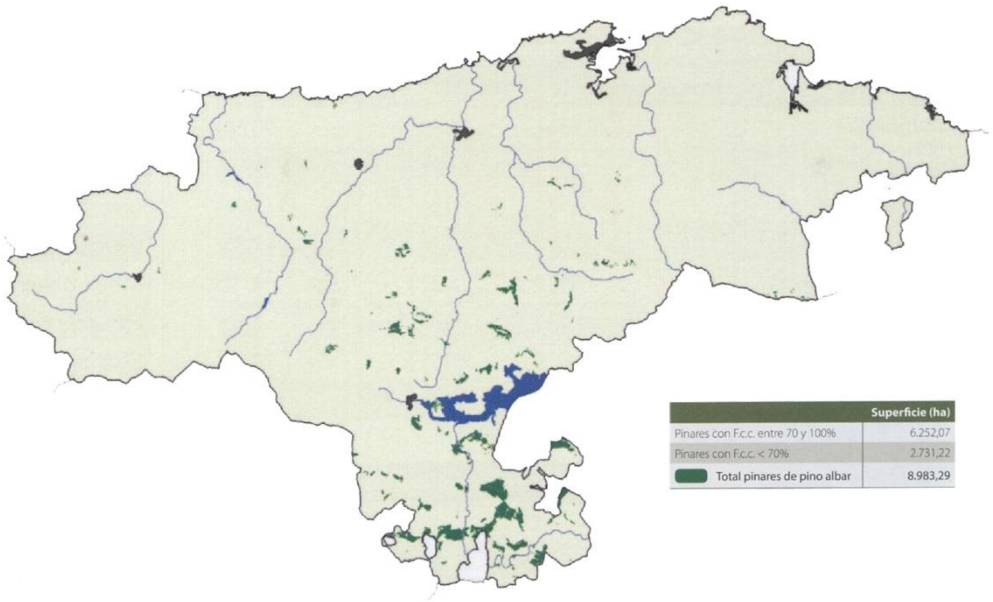


Ilustración 28, distribución de pino albar

Distribución de las existencias por especie			
Especie	**Pies Mayores (%)**	**VCC (%)**	**Pies menores (%)**
Pinus sylvestris	87,99	94,63	20,74
Quercus pyrenaica	11,02	4,16	63,28
Resto de especies	0,99	1,21	15,98

Densidad de la formación (existencias por hectárea)	
Pies mayores (pies/ha)	926.1
VCC (m^3/ha)	135.36
Pies menores (pies/ha)	380.92

Tabla 10, distribución de pino albar por especie y densidad de la formación

Bosques ribereños

Se denomina bosques ribereños a aquellas formaciones arboladas ligadas a la existencia de recursos de agua. Aparecen distribuidos de forma más o menos uniforme por todo el territorio provincial, generalmente en cotas inferiores a los 400 metros, y se caracterizan por la presencia mayoritaria de alisos (*Alnus glutinosa*), sauces (*Salix atrocinerea*) y avellanos (*Corylus avellana*).

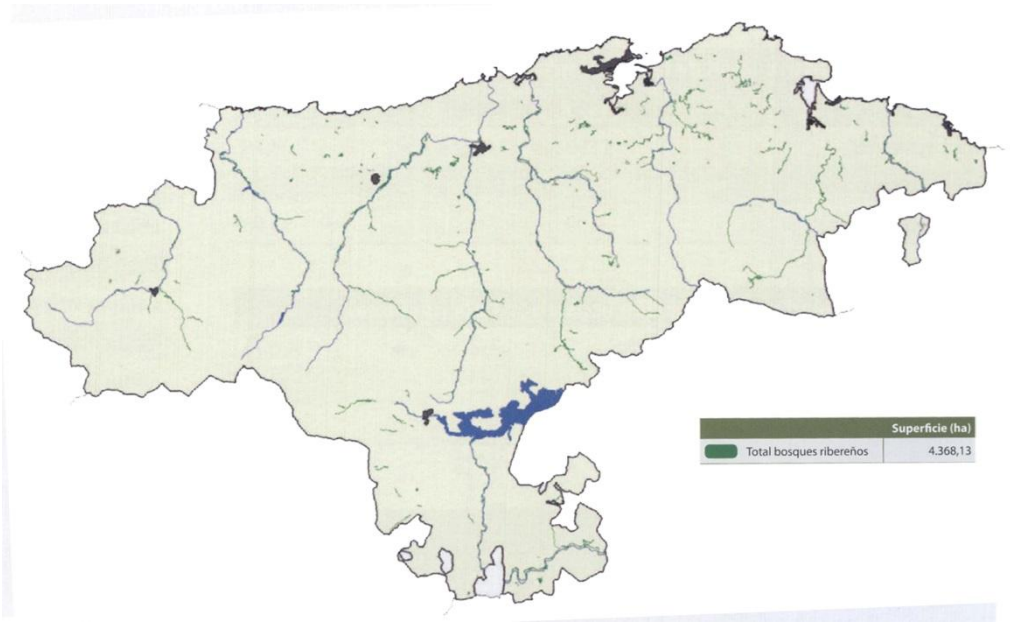


Ilustración 29, distribución de los bosques ribereños

Distribución de las existencias por especie			
Especie	**Pies Mayores (%)**	**VCC (%)**	**Pies menores (%)**
Alnus glutinosa	23,37	26,27	5,92
Salix atrocinerea	21,50	18,99	11,15
Corylus avellana	19,08	3,48	48,67
Otras frondosas	12,28	3,42	22,60
Fraxinus excelsior	6,58	5,90	4,24
Populus x canadensis	5,56	24,22	1,09
Crataegus monogyna	3,23	1,48	3,85
Quercus robur	3,15	7,09	0,59
Fagus sylvatica	1,25	2,70	0,30
Castanea sativa	1,22	2,35	0,20
Ilex aquifolium	1,05	0,17	0,10
Resto de especies	1,73	3,93	1,29

Densidad de la formación (existencias por hectárea)	
Pies mayores (pies/ha)	611,55
VCC (m^3/ha)	104,12
Pies menores (pies/ha)	1.240,19

Tabla 11, distribución de bosques ribereños por especie y densidad de la formación

Avellanedas (*Corylus avellana*)

Las avellanedas ocupan en Cantabria 1.700 hectáreas en puntos dispersos de la mitad occidental, en exposición generalmente de umbría y cotas desde el nivel del mar hasta los 1.200 metros. Aunque a nivel provincial esta superficie supone menos del 1% del territorio arbolado, a nivel estatal las avellanedas de Cantabria suponen más del 18% total de bosques puros de esta especie.

Como es habitual en esta especie, muchos de sus pies son clasificados como pies menores por tener diámetros inferiores a 75 milímetros, algo que también se refleja por la abundancia de pies en las primeras clases diamétricas y que provoca que el porcentaje de presencia en volumen con corteza sea inferior al 30% a pesar de tratarse de una formación pura. En este sentido, la densidad de pies menores por hectárea en estos bosques es con mucha diferencia la mayor entre todas las formaciones arboladas de la provincia.

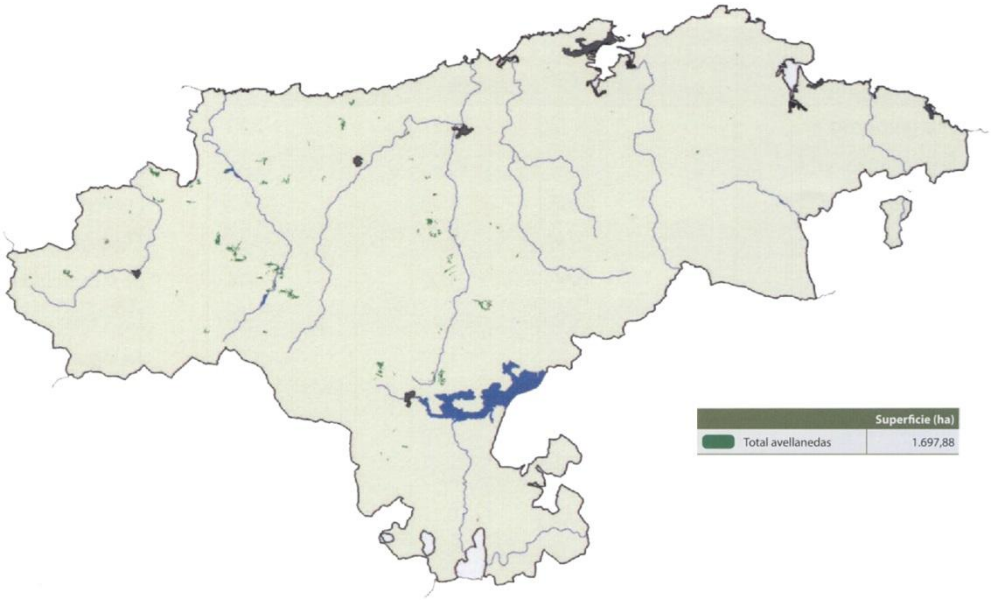


Ilustración 30, distribución de avellanedas

Distribución de las existencias por especie			
Especie	**Pies Mayores (%)**	**VCC (%)**	**Pies menores (%)**
Corylus avellana	66,61	29,04	83,73
Crataegus monogyna	10,35	12,77	3,62
Ilex aquifolium	6,13	2,50	6,54
Fraxinus excelsior	3,57	10,24	0,28
Otras frondosas	5,03	4,82	4,18

Fagus sylvatica	2,49	14,15	0,14
Salix atrocinerea	1,97	5,67	0,00
Quercus robur	1,38	5,78	0,14
Quercus pyrenaica	1,20	2,07	0,00
Resto de especies	1,27	12,96	1,37

Densidad de la formación (existencias por hectárea)	
Pies mayores (pies/ha)	788,03
VCC (m^3/ha)	55,01
Pies menores (pies/ha)	3.156,74

Tabla 12, distribución de avellanedas por especie y densidad de la formación

Abedulares (*Betula spp.*)

En Cantabria los bosques puros de abedul aparecen casi exclusivamente en las estribaciones de la Cordillera Cantábrica, en una franja de noroeste a suroeste, ocupando unas 1.200 hectáreas preferentemente en zonas umbrosas por encima de los 1.000 metros. Son masas muy puras, pero con una pequeña proporción de pies menores entre sus existencias, lo que podría significar un problema futuro para la regeneración natural de las mismas.

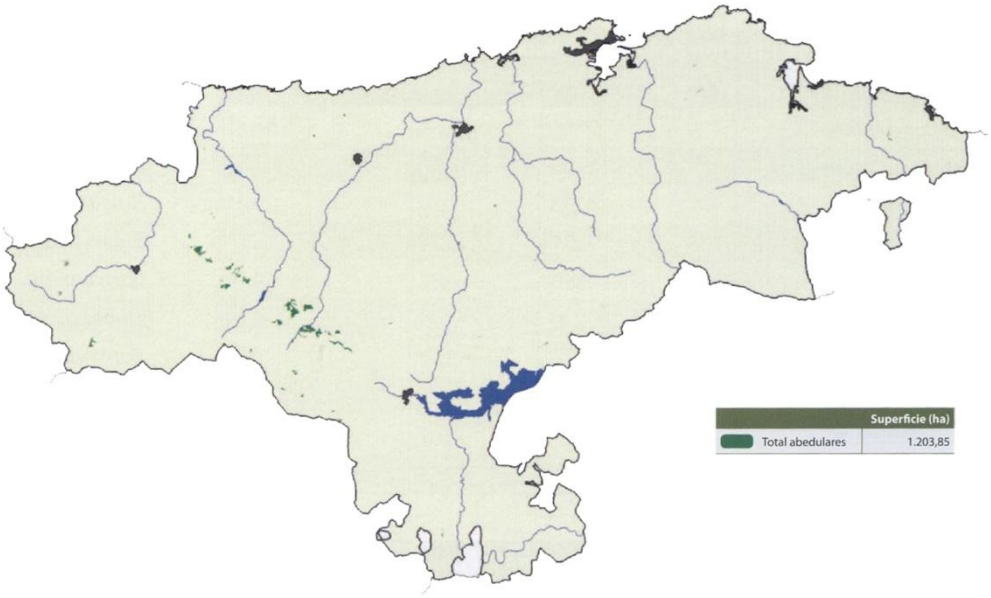


Ilustración 31, distribución de abedulares

Distribución de las existencias por especie			
Especie	**Pies Mayores (%)**	**VCC (%)**	**Pies menores (%)**
Betula alba	92,13	79,53	77,55
Otras frondosas	2,71	2,70	4,08
Crataegus monogyna	2,44	2,69	4,08
Alnus glutinosa	2,09	7,96	0,00
Resto de especies	0,63	7,12	14,29

Densidad de la formación (existencias por hectárea)	
Pies mayores (pies/ha)	651,38
VCC (m^3/ha)	43,96
Pies menores (pies/ha)	389,93

Tabla 13, distribución de abedulares por especie y densidad de la formación

Castañares (*Castanea sativa*)

Los castañares presentan una superficie muy parecida a los abedulares, pero con una distribución dispersa por el centro y norte de la región, en zonas umbrosas de altitud inferior a los 600 metros en su mayoría. El castaño es la especie principal, pero también existe presencia significativa de otras especies como roble, melojo y avellano (*Quercus robur*, *Quercus pirenaica*, y *Carylus avellana*).

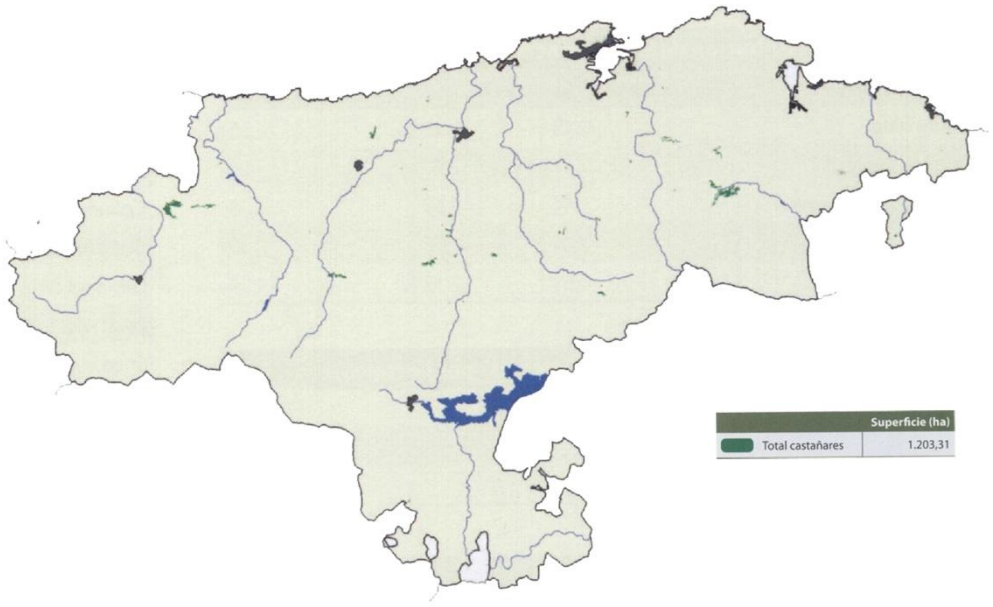


Ilustración 32, distribución de los castañares

Distribución de las existencias por especie			
Especie	**Pies Mayores (%)**	**VCC (%)**	**Pies menores (%)**
Castanea sativa	80,52	73,67	25,37
Quercus robur	9,05	16,37	1,49
Quercus pyrenaica	5,68	3,95	1,49
Corylus avellana	1,74	0,18	47,76
Resto de especies	3,01	5,83	23,89

Densidad de la formación (existencias por hectárea)	
Pies mayores (pies/ha)	563,77
VCC (m^3/ha)	158,65
Pies menores (pies/ha)	656,18

Tabla 14, distribución de los castañares por especie y densidad de la formación

Acebedas (*Ilex aquifolium*)

En Cantabria hay menos de 800 hectáreas de masas puras de acebo, lo que supone sólo el 0,4% de todos los bosques de la provincia. Sin embargo, estas masas adquieren importancia a nivel estatal, pues suponen más del 18% de todas las acebedas presentes en España.

En su mayoría, se sitúan entre los 400 y los 1.200 metros de altitud, en exposiciones de umbría.

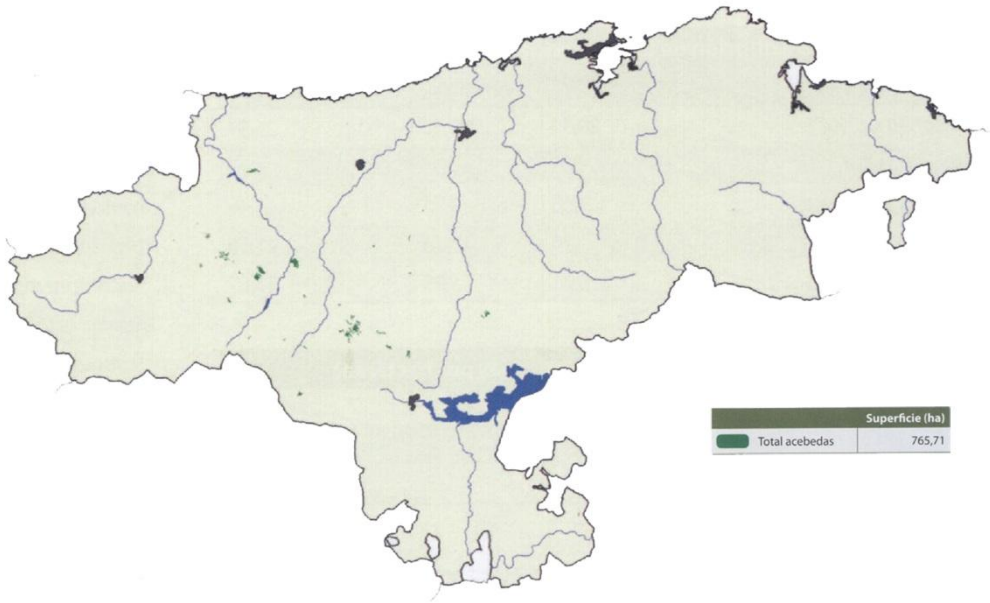


Ilustración 33, distribución de acebedas

Distribución de las existencias por especie			
Especie	Pies Mayores (%)	VCC (%)	Pies menores (%)
Ilex aquifolium	77,37	70,91	64,43
Corylus avellana	14,17	10,63	22,82
Crataegus monogyna	4,56	8,72	12,75
Otras frondosas	3,14	2,64	0,00
Resto de especies	0,76	7,10	0,00

Densidad de la formación (existencias por hectárea)	
Pies mayores (pies/ha)	2.027,42
VCC (m^3/ha)	84,26
Pies menores (pies/ha)	1,580,95

Tabla 15, distribución de acebedas por especie y densidad de la formación

3.4 Descripción de una planta de Biomasa

Las plantas de biomasa son centrales térmicas que utilizan biomasa como combustible. Se expone a continuación el proceso de generación de vapor, funcionamiento de la turbina, condensación, precalentamiento, etc. Una planta de biomasa cuenta principalmente con tres edificios; el almacén de biomasa, la caldera y la turbina. Las oficinas y salas eléctricas pueden estar situadas en este último edificio.

Ilustración 34, esquema de planta de biomasa

- **La caldera**: En la caldera se produce la combustión de la biomasa. Se proyecta ajustada a las características del combustible a utilizar. Está formada por paredes construidas con tubos verticales por los que circula agua líquida de abajo hacia arriba y en los que, por efecto del calor, dicho agua se evapora. Están revestidos de aislante en el exterior.

El combustible entra a la caldera de lecho fluidizante, donde el lecho se mantiene fluido, en suspensión en una corriente de aire inyectado en el fondo del hogar a través de una rejilla provista de boquillas orientadas. Las burbujas de aire ascienden a través del lecho provocando en el mismo un movimiento turbulento similar al de un líquido en ebullición. El combustible se distribuye en el lecho de forma uniforme (éste está fluido), y se quema de forma eficiente.

Además, y para ayudar en el arranque, se suministra un combustible auxiliar a la caldera. Éste combustible es gas natural, en cantidades inferiores al 10%.

La caldera en sí, se presenta apoyada en una estructura metálica proyectada para permitir las dilataciones, debidas a las variaciones de temperatura. Cuenta con equipos de control, limpieza etc. de forma que se asegure el funcionamiento. La presión y temperatura del agua aumentan al pasar a través de los sobrecalentadores. La combustión de biomasa puede dejar residuos en la caldera, que se recogen y se retiran de forma continua.

El agua, procedente del condensador, se precalienta en dos etapas antes de volverla a introducir en los tubos de la caldera. Primero en el precalentador de baja, y posteriormente en un segundo calentador. Debe estar desmineralizada para evitar que al calentarla o evaporarla se produzcan precipitaciones que den lugar a incrustaciones en las paredes de la caldera, que dificultarían la transmisión del calor y la circulación del agua. Se producen ciertas pérdidas en el caudal de agua debido a purgas, drenajes etc. que deben ser repuestas con agua desmineralizada. Desde el condensador el agua es bombeada al precalentador, consistente en un intercambiador tubular, y desde el cual se inyecta en la parte inferior de los tubos que constituyen las paredes de la caldera.

- **La salida de los gases de combustión**: se lleva a cabo a través de una chimenea, a la cual llegan tras atravesar diferentes partes de la caldera (economizador, precalentador, etc.) aprovechando parte de su energía para calentar el aire de entrada para la combustión. Los gases se depuran antes de ser enviados a la atmósfera mediante un sistema de filtros de mangas, que retienen partículas sólidas de hasta una micra (cenizas volantes). Dichas cenizas volantes son ricas en potasio, y se recogen en contenedores que se transportan para su posterior procesado.

La normativa obliga a instalar un sistema de registro y control de emisiones en la chimenea. Asimismo puede instalarse una estación meteorológica para registrar los vientos dominantes y condiciones climáticas, de forma que puede relacionarse con las emisiones. Dicha información se envía a la autoridad ambiental correspondiente en tiempo real, además de un archivo diario que contenga los calores medios horarios de los niveles de emisión, las condiciones meteorológicas o las condiciones de operación de la planta.

- **La turbina**: El vapor llega a la turbina a cierta presión y temperatura, y a medida que va a travesando la turbina, durante su expansión va produciendo el giro del rotor. La turbina consta de filas de álabes en el rotor con sus correspondientes en las etapas fijas de la turbina. Son de diferente tamaño, y se distribuyen intercalando etapas de álabes fijos con etapas de álabes móviles en el rotor. De esta forma, se consigue la reducción progresiva de potencia,

pasando el vapor de unos a otros de modo que el salto térmico a cada paso sea reducido, consiguiendo una producción de potencia en cada paso que permita un giro del conjunto a unas determinadas revoluciones por minuto.

Las turbinas, al girar a un elevado régimen de revoluciones y estar a temperatura y presión muy altas, son equipos especialmente sensibles que deben estar perfectamente equilibrados y con una cimentación adecuada a los esfuerzos que se producen. Corresponden al estado actual del aprovechamiento de la energía del vapor, y son iguales sea cual sea la procedencia de dicho vapor (ya sean centrales nucleares, de carbón, etc.).

Debido a que la turbina gira a una velocidad y el generador a otra, es necesario un reductor para el ajuste de las revoluciones. Éste consiste en un sistema de engranajes que consigue el cambio de revoluciones en base a la diferencia de diámetros entre la corona y el piñón. Se trata de un equipo muy robusto, dimensionado para la potencia a transmitir, que trabaja en condiciones duras y continuas. Resulta llamativo su tamaño en relación con el de la turbina.

- **Generador y centro de transformación**: El giro de la turbina llega, a través del reductor al generador en el que el movimiento del rotor induce la corriente en los bobinados del estator. Éste tendrá un número determinado de pares de polos, lo que provocará la generación de corriente. La central operará ligeramente por debajo de su potencia nominal, necesitando una parte de la potencia para el autoconsumo de la planta, siendo el resto enviado a la red previa transformación a alta tensión. En la subestación general se incorpora a la red eléctrica.

- **Instalaciones complementarias**: Una central de biomasa requiere un conjunto de instalaciones complementarias. La primera de ellas es la toma de agua de refrigeración para el condensador, que se puede tomar de ríos cercanos siendo después bombeado al circuito de refrigeración, y tas ser calentado se devuelve al canal.

Los almacenes de biomasa, son grandes instalaciones en las cuales se almacena la biomasa procedente de bosques en forma de pacas, desde su recolección hasta el momento de su uso. Dicho almacén asegura el combustible necesario para la caldera, que opera de forma ininterrumpida y necesita aporte de combustible constante.

El sistema de control que opera la planta permite que la actividad se desarrolle siendo necesario un número mínimo de personas trabajando. Por último, los equipos

eléctricos se sitúan en parte en una instalación centralizada, y en parte distribuidos en los diferentes recintos de la central.

Funcionamiento de la central: La biomasa llega a la central en forma de pacas normalizadas procedentes de la zona de extracción. Dicha biomasa se tritura con una granulometría P100 y una humedad de entre el 40 y el 50%. Después se lleva a cabo su pesaje en la báscula, y posteriormente se realiza un cribado. En este cribado se eliminan los metales y piedras, así como las partículas que excedan las dimensiones máximas aceptables para la caldera (estas últimas se pueden re triturar).

La biomasa triturada se coloca en un almacén a la espera de su posterior uso. Dicho almacén tiene una capacidad útil de unos 8000 m^3, lo que equivale a unos 4 o 5 días de funcionamiento. Mediante tornillos extractores y sistemas de cintas transportadoras, la biomasa se transporta al silo diario de la caldera.

En la caldera se produce la combustión mediante un ciclo Rankine, y se produce vapor. De la caldera se extraen cenizas de fondo (escorias), recogidas del fondo mediante sistemas de transporte y manejo hasta un contenedor exterior. Además, se extraen gases depurados aspirados por un ventilador, que se expulsan por la chimenea, y cenizas volantes retiradas de los filtros de mangas en las tolvas (que se transportan de forma neumática hasta un silo, donde se almacenan para su posterior uso o bien en la industria cosmética, o bien como fertilizante).

El vapor se dirige a la turbina, donde se expande produciendo el movimiento de la misma, y generando trabajo y electricidad. La turbina está equipada con tres extractores de vapor, que calientan el condensado y mejoran la eficiencia del ciclo. Al salir de la turbina, el vapor va al condensador, donde vuelve al estado líquido.

Anejo 4 Estudios de detalle

4.1 Estudio socioeconómico

En este estudio se evaluarán los principales núcleos de población existentes en Cantabria, así como la evolución de su población a lo largo del tiempo y las principales actividades que se desarrollan en cada uno de ellos.

- **Santander:** Como municipio con mayor población se sitúa Santander, capital de la región, y que consta de aproximadamente 175.000 habitantes –lo cual supone en torno a un 30% de la población total de Cantabria-. Su tendencia demográfica se encuentra prácticamente estancada desde 1981, con un decrecimiento de la población natural que se compensa con un índice muy positivo de inmigración extranjera. Más del 70% de la población activa de este municipio trabaja en el sector terciario, de forma que la dependencia económica del comercio y los servicios por parte de Santander es muy alta. A continuación se presenta una gráfica con la evolución demográfica de Santander entre los años 1900 y 2012:

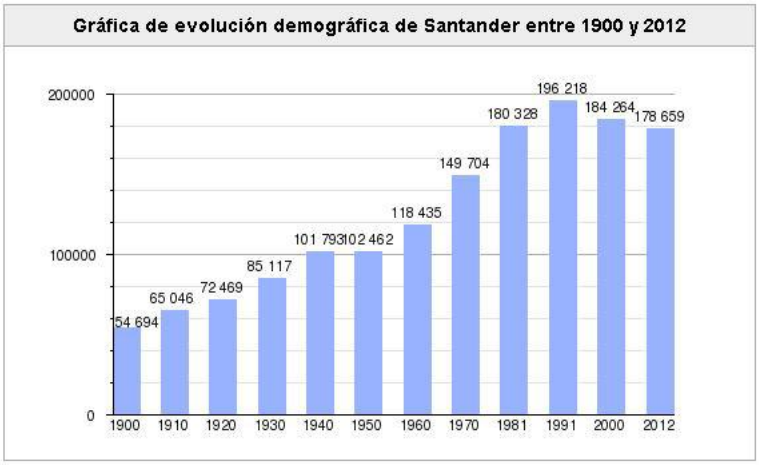


Tabla 16, evolución demográfica de Santander

En lo referente a la economía, en Santander se localizan importantes instituciones tanto públicas como privadas, que emplean a un gran número de personas. Las actividades relacionadas con la cultura, el ocio y el turismo son de gran importancia en la economía de la ciudad, lo que hace que este municipio sea dependiente del sector terciario.

- **Torrelavega**: es el segundo municipio con más población de Cantabria (unos 54.000 habitantes, equivalente a un 9,2% del total de la población cántabra). Se trata de una ciudad industrial y comercial. Su tendencia demográfica se encuentra estancada desde el año 2000, produciéndose en la actualidad una

ligera pérdida de población a favor de los municipios limítrofes. Desde el año 1990 hasta el año 2010, Torrelavega ha perdido 4.109 habitantes (equivalente a un 6.8% de su población). La escasez y el encarecimiento de las viviendas en el núcleo urbano han desembocado en un proceso de desplazamiento de la población a los municipios de su entorno más cercano. A continuación se incluye una tabla con la evolución demográfica del municipio entre los años 1900 y 2010:

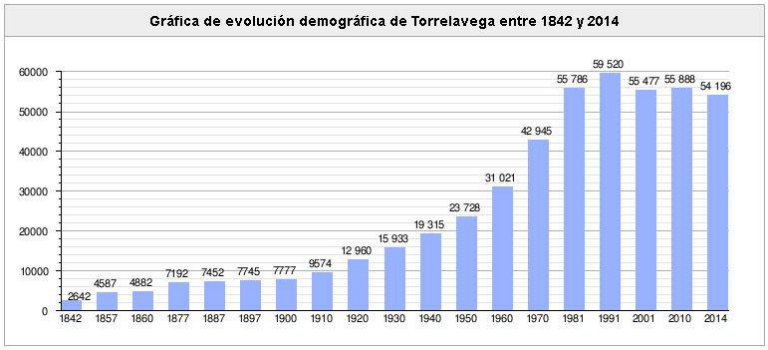


Tabla 17, evolución demográfica de Torrelavega

En cuanto a su economía, en Torrelavega se sitúan importantes instituciones públicas (como son el hospital Sierrallana o la Universidad de Cantabria, ésta última presente en el Campus de Torrelavega). Así, su población activa es eminentemente terciaria, toda vez que sus sectores de la construcción y de la industria son ligeramente más importantes que la media en Cantabria. En términos de industria destaca la presencia de empresas claves como Solvay o Sniace. Torrelavega también está relacionada con el sector primario, ya que cuenta con un mercado donde cada miércoles se reúnen ganaderos para comerciar con su ganado.

- **Castro Urdiales:** es el tercer municipio con más población de Cantabria, ya que cuenta con aproximadamente 31.500 habitantes. En el caso de Castro Urdiales, y debido a su proximidad con el área metropolitana de Bilbao, la población flotante (que reside en el municipio pero no está empadronada en él) es mucho mayor que la población de derecho, lo que implica que los servicios municipales del ayuntamiento se vean desbordados por el incremento de la población en la época estival. Ha de tenerse en cuenta que esta población flotante (que ronda los 38.000 habitantes) no se contempla en el censo elaborado por el Instituto Nacional de Estadística, de forma que la población real de Castro Urdiales se encuentra en torno a los 70.000 habitantes. A continuación se incluye una gráfica que muestra la evolución del municipio desde el año 1900 hasta 2010:

Tabla 18, evolución demográfica de Castro Urdiales desde 1900

Puede apreciarse cómo la población se dispara a partir de 1980. Para poder comprobar mejor dicha evolución se incluye además la siguiente gráfica, que se centra en la evolución demográfica entre los años 1986 y 2010:

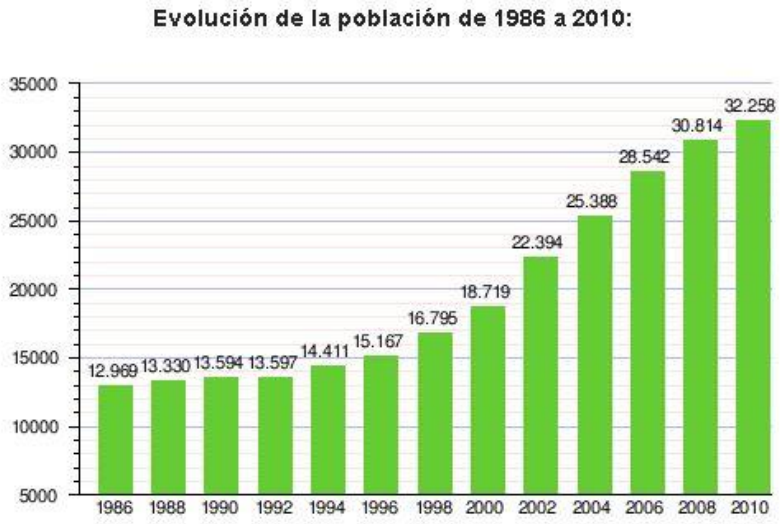


Tabla 19, evolución demográfica de CastroUrdiales

En cuanto a la economía, solamente el 3% de la población de Castro Urdiales se dedica al sector primario. Un 15% se dedica a la construcción, mientras que un 19 lo hace a la industria, y el 63% restante se incluye dentro del sector terciario.

- **Camargo:** El municipio de Camargo cuenta con más de 30.000 habitantes, y se caracteriza por haber sufrido un constante y acelerado aumento en su número de habitantes a lo largo del último siglo. Este incremento es muy superior al

registrado en el conjunto de Cantabria. Desde el punto de vista espacial destaca la elevada densidad de población del municipio (más de 700 habitantes por km^2. En las dos últimas décadas, y a pesar de la reestructuración de la industria, se ha producido un fuerte crecimiento demográfico que se debe al trasvase de población desde la ciudad de Santander a los municipios de su entorno inmediato. Se presenta a continuación una gráfica con la evolución demográfica del municipio entre los años 1988 y 2008:

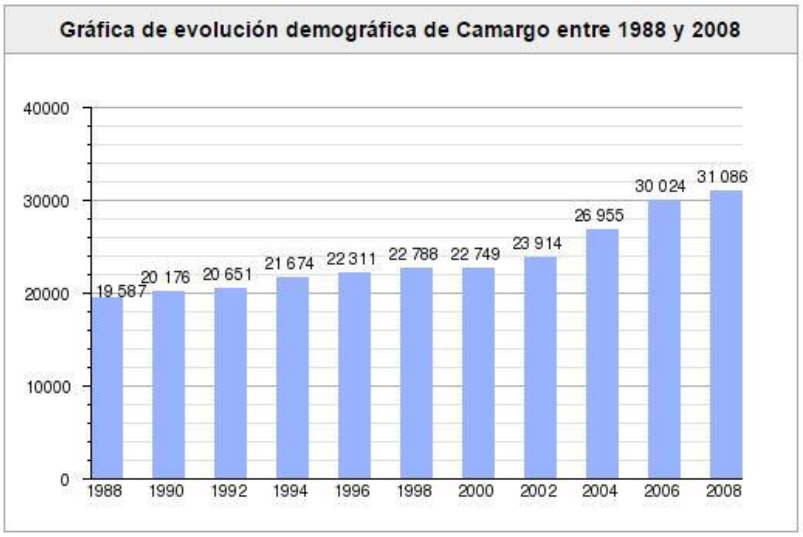


Tabla 20, evolución demográfica de Camargo

En lo referente a su economía, el desarrollo industrial ha sido un factor determinante para el crecimiento económico y demográfico de este municipio, toda vez que la industria está perdiendo fuerza en las últimas décadas en favor del sector servicios. El precio de la vivienda, más barato que en la capital (Santander), ha atraído a nuevos habitantes a Camargo y otros municipios colindantes.

- **Piélagos:** es un municipio que en la actualidad cuenta con aproximadamente 25.000 habitantes. La evolución demográfica del municipio ha estado marcada a lo largo de todo el siglo XX por el crecimiento constante, a excepción del período comprendido entre 1960 y finales de la década de los ochenta, en el que se produjo un descenso poblacional como consecuencia de los problemas industriales registrados en las empresas ubicadas en el municipio. Desde 1990, la caída de la natalidad ha quedado compensada con una mortalidad estancada en valores medios y unos saldos migratorios positivos ligados a su cercanía a Santander y a las buenas comunicaciones, que ha hecho que pueblos como Mortera, Boo y Liencres se hayan convertido en ciudades dormitorio. Estos saldos migratorios han sido más acusados en el último decenio, explicando la progresiva tendencia de este municipio, que ha experimentado un incremento

del 20% en sus efectivos demográficos. Su evolución demográfica se presenta en la siguiente gráfica:

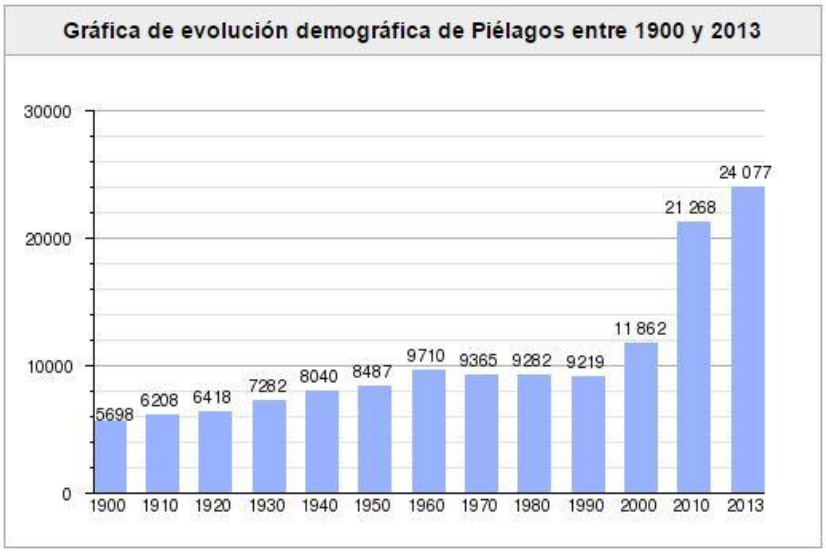


Tabla 21, evolución demográfica de Piélagos

Tradicionalmente, el sector principal de este municipio ha sido la ganadería. Sin embargo, debido a que Camargo se sitúa en el eje Santander – Torrelavega, ha sido elegido por varias empresas como lugar de asentamiento. Asimismo, la construcción ha experimentado en los últimos tiempos un auge urbanístico masivo que ha conllevado un aumento continuo de la población del municipio de Piélagos.

- **El Astillero**: es un municipio de unos 20.000 habitantes, equivalente aproximadamente a un 3% del conjunto de la población total de Cantabria. En el núcleo de población de El Astillero viven unas 12.000 personas (aproximadamente un 68% de la población del municipio). Este número se incrementó fuertemente entre los años 1960 y 1996, pero sin embargo a finales de la década de los 90 se produjo un leve retroceso, suavizado estos últimos años por los saldos migratorios positivos de jóvenes parejas que se han establecido en el municipio. A continuación se presenta una gráfica con la evolución demográfica de El Astillero:

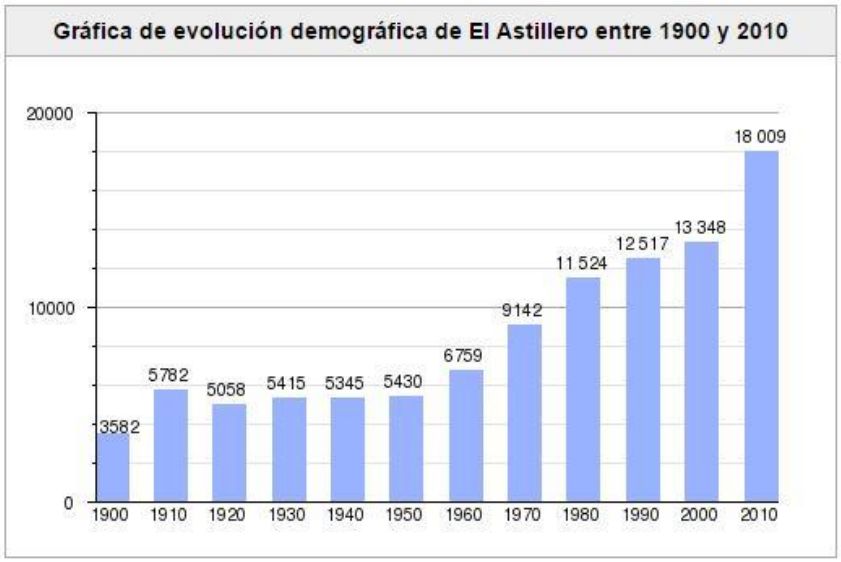


Tabla 22, evolución demográfica de El Astillero

En la actualidad, el municipio de El Astillero es un municipio industrial en permanente desarrollo, como demuestra el auge del polígono industrial de Guarnizo, donde actualmente se sitúa más de un centenar de empresas que emplean más de 2.000 trabajadores. Estas empresas se caracterizan por su alto nivel de exportación. Junto a este polígono, el parque empresarial de Cantabria –en desarrollo-, puede permitir el asentamiento de nuevas empresas convirtiendo a El Astillero en uno de los grandes focos de presencia industrial del cinturón de Santander. Un 1,3% de la población del municipio se dedica al sector primario, un 11,8% a la construcción, un 28,2% a la industria y un 58,7% al terciario.

- **Santa Cruz de Bezana**: es un municipio que cuenta en la actualidad con unos 13.000 habitantes. Este municipio ha experimentado un aumento bastante importante de habitantes a partir del año 1981 (año en el que contaba con 3.651 habitantes), hasta el 2000, año en el que la población rondaba los 10.000 habitantes. La explicación principal del incremento poblacional del municipio reside en los saldos migratorios positivos de una población de perfil adulto-joven, lo que redunda en una tasa de natalidad superior al índice de mortalidad. A continuación se incluye una gráfica del crecimiento demográfico del municipio entre los años 1900 y 2012:

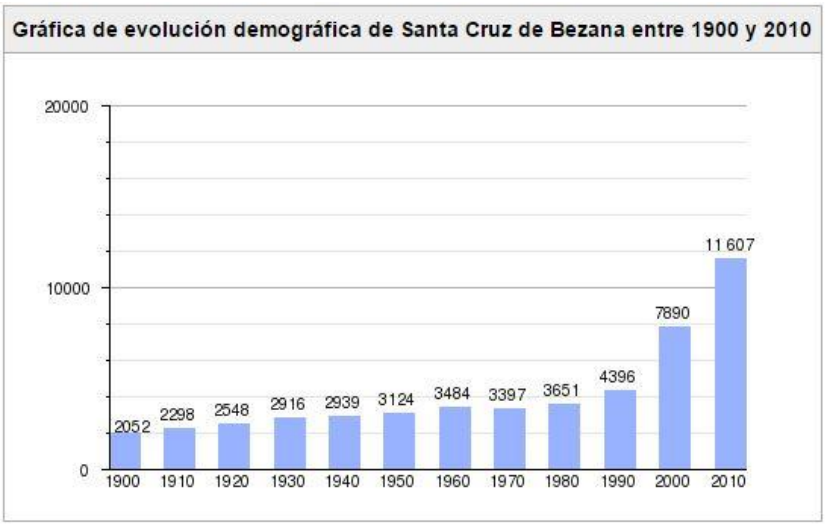


Tabla 23, evolución demográfica de Bezana

En lo referente a la economía, el principal motor de la misma en este municipio es el sector terciario, que se ha impuesto al resto de actividades económicas ocupando a día de hoy más del 72% de su población activa. Como contrapartida, la agricultura y la ganadería han quedado relegadas a un papel simbólico. La industria emplea un 25,5% de la población total del municipio.

- **Laredo:** El municipio de Laredo (12.000 habitantes aproximadamente), ha experimentado un continuo crecimiento a lo largo del siglo XX, de forma que a finales de los años 70 ya contaba con más de 10.000 habitantes. Dicha ascensión tuvo su final en el año 1991 (año en que alcanzó más de 13.000 habitantes), para después descender su población. En este municipio, fundamentalmente turístico, el número de residentes se multiplica durante los períodos vacacionales llegando a alcanzar en algunos momentos cerca de 200.000 personas. A continuación se presenta una gráfica con la evolución demográfica de Laredo entre los años 1900 y 2000:

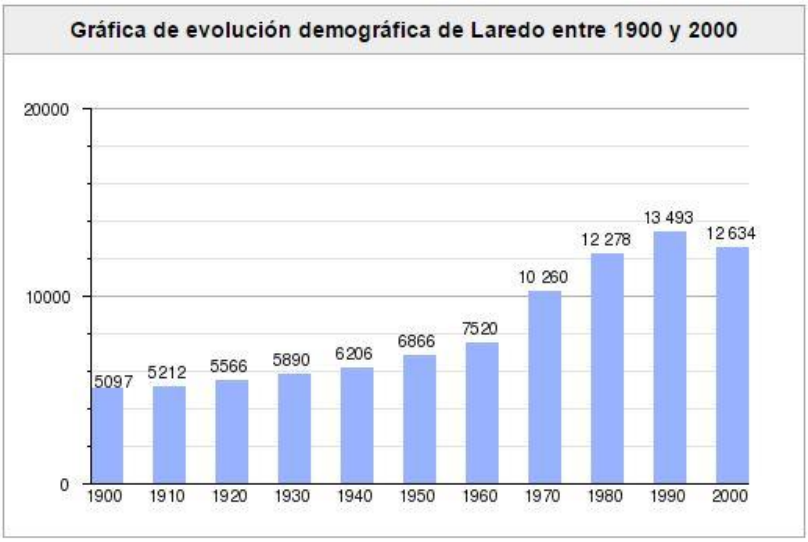


Tabla 24, evolución demográfica de Laredo

Respecto a la economía, en Laredo –cuyo nivel de renta media se encuentra entre las 15 más altas de Cantabria-, el sector terciario de trabajo a más de la mitad de la población activa (51,2%). La industria es también una importante fuente de trabajo, y ocupa al 22% de la población de este municipio.

- **Los corrales de Buelna** (11.500 habitantes aproximadamente), es un municipio que presenta un perfil demográfico equilibrado, lo que significa que en los últimos años apenas ha experimentado variaciones, manteniéndose en torno a los 10.800 habitantes. No obstante, a lo largo de este último siglo el municipio ha cuadriplicado su población, coincidiendo con el desarrollo industrial del municipio. Además del impulso empresarial del municipio, sus favorables comunicaciones han sido determinantes para este incremento poblacional. Se incluye a continuación una gráfica en la que se aprecia el gran crecimiento experimentado por Los Corrales de Buelna entre los años 1900 y 2000:

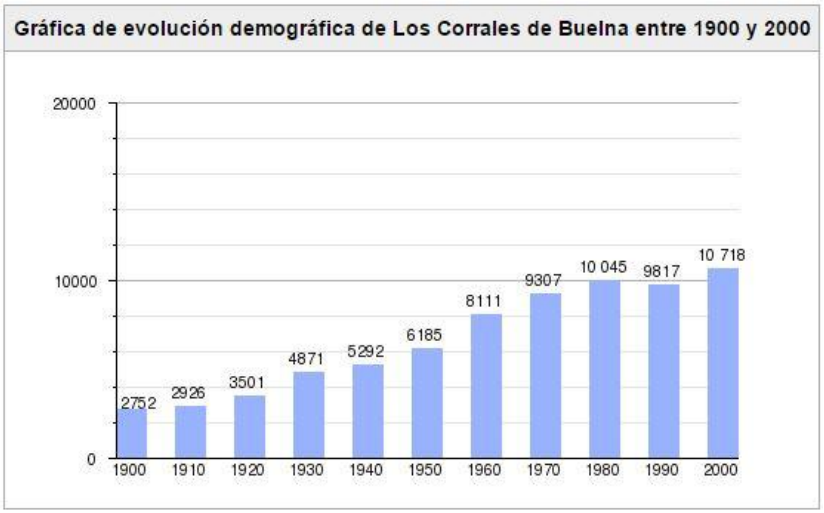


Tabla 25, evolución demográfica de Los Corrales de Buelna

En lo referente a la economía, el sector metalúrgico ha sido y sigue siendo la principal fuente de riqueza de la comarca de Buelna, junto a la industria de componentes del automóvil. En este municipio se asientan algunas de las empresas más importantes de la región dedicadas a la fabricación de artículos de alambre y a la fundición de metales.

Además, en torno a ellas se han desarrollado multitud de pequeñas empresas que han generado economías adicionales y que se encuentran principalmente en el polígono industrial de barros y su periferia. En la actualidad, en el sector del metal trabajan aproximadamente 2.000 personas.

- **Santoña:** El municipio de Santoña, cuenta con unos 11.400 habitantes, y es el último municipio que consideraremos de relevancia dentro de la comunidad autónoma de Cantabria. La expansión de las conserveras ha hecho que este municipio haya experimentado un fuerte crecimiento en las primeras décadas del siglo XX, rondando la cifra de los 11.000 habitantes, cifra que se mantiene debido a la escasez de suelo de Santoña, que condiciona cualquier expansión urbanística. A continuación se presenta una gráfica con la evolución demográfica del municipio entre los años 1900 y 2000:

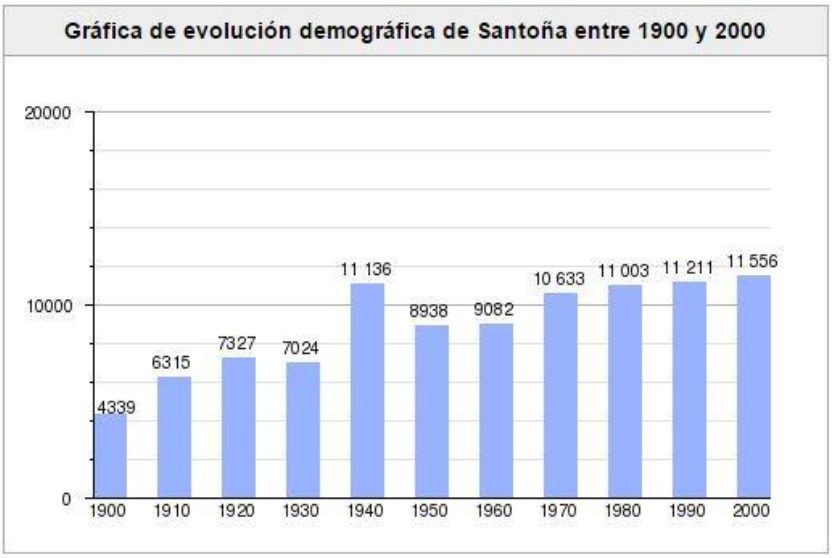


Tabla 26, evolución demográfica de Santoña

Respecto a la economía, el puerto pesquero de Santoña (uno de los más importantes de la comunidad autónoma), es el motor de la economía de este municipio. En torno a él se ha desarrollado una de las industrias conserveras más importantes de la costa cantábrica, que emplea en la actualidad a un 28% de la población activa. El sector servicios ocupa un 47% de la población del municipio.

4.2 Estudio del medio

4.2.1 El clima

En Cantabria, las condiciones climáticas son de tipo atlántico, templado-húmedo. Estas aparecen condicionadas en gran medida por la orografía y por su proximidad al mar. El mar proporciona una doble influencia climática; por un lado actúa como amortiguador térmico y por otro suministra vapor de agua y partículas de sal a la atmósfera.

Aunque se registran precipitaciones durante todo el año, este volumen es mayor durante los meses de invierno. En las zonas de montaña del centro de la región, pueden alcanzarse precipitaciones anuales superiores a 2000 mm, pero en general no superan los 1200 mm anuales.

La suavidad térmica es el rasgo que diferencia las condiciones climáticas que presenta la zona litoral. Por el contrario, en el interior de la región las temperaturas no son tan suaves, y el contraste entre el invierno y el verano aparece en función de la altitud y de las condiciones locales. Las horas de sol no sobrepasan las 2000 horas anuales, y son

habituales los días nublados. Asimismo, son frecuentes las nieblas en los fondos de valle y en las zonas próximas al litoral.

Como excepción climática en la región aparece la comarca de Liébana. Aunque está dentro del dominio marítimo, presenta rasgos claramente mediterráneos. La particular configuración orográfica del valle hace que la zona presente un microclima específico, en el que se pone de manifiesto la influencia de ambos dominios.

Uno de los factores característicos del clima de la región es la sucesión de diferentes tipos de tiempo en un solo día. Aun así, los tipos de tiempo predominantes de la región se pueden agrupar en dos grandes conjuntos; los que generan situaciones húmedas, y los que generan situaciones secas.

Las situaciones húmedas son provocadas por los vientos húmedos de origen marino que son empujados hacia la cordillera Cantábrica. Para remontarla, los vientos ascienden, se enfrían y generan una condensación en forma de nubes y precipitación, en ocasiones persistente. Pueden diferenciarse cuatro situaciones húmedas en función de su origen:

- **Borrascas atlánticas**, que se suceden durante todo el año. Las zonas menos afectadas son los valles de Liébana, Campoo y Valderredible.

- **Temporales del norte**, que en invierno generan grandes nevadas acompañadas de fuertes temporales en el mar. El área septentrional y Liébana, son las más protegidas ante estas situaciones.

- **Situaciones cantábricas**, particulares de la vertiente cantábrica en la que principalmente los meses de verano aportan la mayor parte de las precipitaciones que tienen lugar.

- **Tormentas**, que aunque tienen lugar en zonas costeras, son más frecuentes en las zonas interiores de montaña.

Por otro lado, las situaciones secas son generadas principalmente por los vientos de procedencia E, NE y S.

Los vientos del E y NE tienen su origen en masas de aire anticiclónicas cuyo núcleo procede de Europa y Gran Bretaña o un radio de acción desde las Azores hasta Francia. El origen de estos vientos es continental y son fríos y secos. Generan cielos despejados e importantes heladas nocturnas que pueden llegar a las zonas de costa y originar inversiones térmicas.

Los vientos del S pueden presentar flujos estables o inestables. Estos últimos acompañan a los frentes cálidos. La sequedad, calidez y fuerza, son las características de este tipo de vientos, y los días que aparecen la humedad desciende hasta un 30 o 40%, la temperatura es elevada y puede llegar a alcanzar excepcionalmente los 25^{o} – 30^{o} en invierno. El otoño, invierno y parte de la primavera, son las épocas más propicias para los flujos de viento Sur.

4.2.2 La Vegetación

La vegetación de Cantabria está incluida en el sector ibérico, provincia Atlántica, del círculo de vegetación Eurosiberiana caracterizado por poseer un clímax vegetal constituido por el bosque de especies frondosas caducifolias, caso del roble y haya principalmente. La regresión de este bosque primitivo o vegetación potencial debido a la intervención humana, origina las denominadas etapas subseriales, constituidas por matorral de brezo y escajo o tojo y, por último, de pastizales y praderías, base de la alimentación del ganado. El paisaje vegetal es muy variado, y se distribuye desde el nivel costero hasta los 2600 metros de altitud, de muy diversas formas. Destaca el contraste entre la fuerte humanización de la vegetación en las zonas próximas a la costa, y la naturalidad de estas en las áreas más elevadas de la región.

Para describir la cobertera o paisaje vegetal de la región se pueden establecer cuatro pisos u horizontes bioclimáticos; el colino, el montano, el subalpino y el alpino.

- **El piso colino** se desarrolla entre el nivel del mar y los 300-600 metros de altitud. Aquí abundan los prados de siega que han ido sustituyendo a los antiguos bosques planocaducifolios, como consecuencia de su intenso aprovechamiento. Este piso es el más transformado, por lo que la vegetación presenta un alto grado de alteración.

Las formaciones vegetales de la zona costera se desarrollan sobre suelos con un cierto grado de salinidad, concretamente en playas y dunas, acantilados, marismas y marjales. Todas ellas están sometidas a una fuerte intervención antrópica que ha favorecido a su continua regresión, caso de las dunas costeras, actualmente en peligro de desaparición. Las especies que aparecen en ellas son todas de parte herbáceo y muy especializadas en adaptarse a unas condiciones muy poco favorables debido a la salinidad de los suelos y el viento, fundamentalmente. Las áreas ocupadas por marismas, dotadas de una gran biodiversidad, son ricos en plancton base de la cadena trófica de numerosas especies. Los marjales aparecen constituidos principalmente por diversas especies de juncos que al igual que en las zonas de marismas, aparecen asociados a otras especies.

Por encima de esta franja de vegetación, alejándonos progresivamente del litoral y sobre suelos más desarrollados, aparecen los pastizales formados por festuca y prados de siega y en zonas más elevadas matorrales halófilos en los que domina el tojo o árgoma. Los prados de siega, constituyen la formación vegetal que ocupa una mayor superficie en la región. Repartidos en vaguadas y pequeños enclaves se localizan restos del bosque típico del piso colino, caso de robledales eutrofos, caso del roble común y oligótrofos. Estos aparecen acompañados de fresnos, arces, cerezos silvestres y gran cantidad de arbustos de porte alto como el avellano o el cornejo. En zonas de suelos muy ácidos, el roble aparece asociado al abedul. En el sotobosque y acompañando a estas especies, aparece un cortejo de plantas entre las que destaca fundamentalmente el helecho.

Una de las formaciones del piso colino de gran interés, son los encinares. Estos se desarrollan sobre afloramientos rocosos de calizas, y en general sobre rocas carbonatadas. En este tipo de bosque, constituido por especies mediterráneas, la encina aparece acompañada del laurel, el madroño y el aladierno, todas ellas de hoja perenne y especies atlánticas como el avellano o el espino albar.

Es importante destacar dentro de este piso y concretamente entre los 0 y los 300 metros de altitud, la formación dominante en el paisaje vegetal de la costa en la región, los eucaliptales. Estas masas monoespecíficas de Eucaliptus globulus, plantadas, plantadas para el aprovechamiento maderero, constituyen las repoblaciones de esta especie más extensas del continente europeo.

- **El piso montano** se desarrolla entre los 500 y los 1600 metros de altitud. Entre estas cotas, el paisaje vegetal se adentra en zonas más abruptas, donde los prados de siega se ven reducidos y dominan los brezales, vegetación que aparece tras la regresión de antiguos bosques que cubrían las laderas. Estos bosques aparecen en retazos, sobremanera en las cabeceras de los valles y zonas de gran pendiente y limitando con pastizales de cotas más elevadas.

Aquí aparecen robledales de Quercus Robur, concretamente son significativas algunas manchas en los valles del Saja, Nansa y Besaya. Su actual regresión es fruto del fuerte aprovechamiento dada la elevada calidad de su madera. A medida que se asciende en altura, el Quercus Robur da paso al roble albar o Quercus petrae y en las laderas orientadas a la solana al Quercus petraea.

Entre los 800 y 1600 metros de altitud, en zonas de nieblas frecuentes y elevadas precipitaciones aparece el hayedo (Fagus silvatica), uno de los bosques mejor conservados de la región. Junto a estos cohabitan otras especies como abedules (Betula celtibérica) o el serval del cazador (Sorbus aucuparia). La regresión del bosque,

producto de su aprovechamiento, ha dado lugar en este piso, a la aparición de una serie de matorrales formados por brezales, piornales y aulagares.

- En el **piso subalpino**, entre los 1600 y 1800 metros de altitud, las masas arboladas dan paso a los matorrales y a los pastos de montaña que dependen casi exclusivamente de las condiciones del sustrato sobre el que se desarrollan. En las montañas calizas, que se reducen al macizo de los Picos de Europa, aparece el enebral (Juniperus communis) acompañado de gayuba (Arctostaphylos uva-ursi). En su etapa regresiva, producto del pastoreo y de los incendios, estas especies aparecen sustituidas por un pastizal en el que aparecen numerosos endemismos entre los que destaca la aulaga (Genista occidentalis) y la Genista legionensis.

En este piso, sobre suelos silíceos y en pequeñas manchas, se desarrollan importantes turberas constituidas por diferentes especies de esfagnos (Sphagnum sps) que crecen en terrenos encharcados.

- En el **piso alpino**, aparece en las cumbres más elevadas de los Picos de Europa y Peña Prieta entre los 2200 y 2400 metros de altitud. El escaso desarrollo de los suelos, producto de las fuertes pendientes y la presencia de nieve, imposibilita el desarrollo de especies vegetales de porte leñoso, y genera la aparición de pastizales que dependen del sustrato calizo de los Picos de Europa o el silíceo de la cumbre Peña Prieta.

4.2.3 La Fauna

La región posee un gran valor desde el punto de vista faunístico producto de la gran diversidad de biotopos. Como en el resto del país, la paulatina transformación a la que están siendo sometidas las diferentes comarcas rurales, está poniendo en serio peligro la supervivencia de numerosas especies silvestres y protegidas -caso del oso, el águila real o el urogallo-.

En la franja litoral o zona de marismas, estuarios y ríos, de gran valor ecológico, aparecen una gran cantidad de seres vivos casi microscópicos, que son la base de la cadena alimenticia de la zona litoral. La comunidad de peces depende de ello, por lo que su destrucción está vinculada de forma directa con la disminución de éstos. Por otro lado, en las zonas de marisma se ubican las aves migratorias en su paso estacional de Europa hacia África, por lo que el valor ornitológico de estas zonas es muy elevado.

Los campos dunares, también en la franja litoral y de dimensiones reducidas, presentan una fauna muy específica, entre la que destacan varias especies de reptiles. Se localizan en las dunas de Liencres, Somo-Loredo y Oyambre.

Otro de los ecosistemas de la zona litoral es el acantilado, donde se refugian especies silvestres de otros ecosistemas –caso del halcón peregrino, el cernícalo y la marta-.

La intensa actividad humana en los niveles bajos de la región, han determinado que el mayor valor faunístico lo presenten los mamíferos depredadores de pequeño y mediano tamaño, que se localizan en los pequeños bosques de esta zona.

Las zonas de mayor interés faunístico aparecen entorno a los cursos altos y medios de los ríos que vierten al mar, así como en las cabeceras de éstos. Asociada a los bosques de frondosos, aparecen numerosas especies de vertebrados autóctonos, verdaderos valores faunísticos de la región. Entre ellos se encuentran los siguientes; el lirón careto, el armiño, el gato montés, el lobo, el oso, el buitre leonado, el urogallo, el corzo, el ciervo, el búho real y el águila real. El retroceso de zonas de bosque, está generando que alguno de los animales mencionados se encuentre en peligro de extinción.

4.2.4 Los espacios protegidos

La red de espacios protegidos en Cantabria ocupa una superficie repartida en 3 municipios, de 56847 ha, representando un 10,64% de la superficie total de la comunidad. Dichos espacios se detallan a continuación:

- **Parque Natural de Liencres**: este parque Natural ha sido el primer espacio protegido declarado por la administración cántabra en 1986. Su existencia se fundamenta en un complejo dunar de alto grado de naturalidad y conservación. Contradictoriamente, los alrededores de este parque aparecen fuertemente antropizados en función del crecimiento urbanístico de los núcleos más próximos a él. El parque se inscribe dentro del municipio de Piélagos.

Se sitúa en el margen derecho del río Pas, sobre la flecha litoral de sentido este-oeste desarrollada en su desembocadura. El sistema dunar aparece fijado por una repoblación de pino marítimo. Las dunas presentan un perfil clásico y todo el conjunto de materiales geológicos del parque están formados por materiales arenosos cuaternarios.

- **Parque Natural Saja-Besaya**: declarado en el año 1988, aparece situado sobre la cadena montañosa que separa las cuencas de los ríos Saja y Besaya en sus tramos medio y superior, y en el suroeste de los montes de Palombera, Saja, y los puertos de Sejos. El rasgo más característico de este parque es su variedad en cuanto a exosistemas. Además, es el parque que ocupa una mayor dimensión dentro de la comunidad, afectando a 6 municiìos (Ruente, Cabuérniga, Los Tojos, Hermandad de Campoo de Suso, Arenas de Iguña y Cieza), así como a la Comunidad Campoo.Cabuérniga.

Los robledales de las zonas más bajas del área septentrional –caso de Ucieda, Cieza y Poniente, los hayedos de Saja y Bárcena Mayor de las zonas altas y las brañas y abedulares en las cumbres-, constituyen manchas de gran interés.

El aprovechamiento del roble y haya ha sido tradicional en la zona y actualmente aparece restringida por los órganos que gestionan el Parque. En la zona cohabitan numerosas especies de mamíferos y aves, entre los que destacan el venado, el jabalí, el águila real o el urogallo.

Destacan algunas formas de origen glaciar en la sierra del cordel, y otras de origen kárstico como el sumidero del río Saja en Sopeña, o la surgencia conocida como fuentona de Ruente.

- **Parque Natural de Oyambre**: declarado en 1988, se sitúa en el litoral occidental de Cantabria, y afecta a cinco municipios (Val de San Vicente, San Vicente de la Barquera, Valdáliga, Comillas y Udías). Aparece dividido en dos sectores; el oriental, en el que se sitúa la playa de Oyambre y su flecha litoral que aparece casi cerrando a la ría de la Rabia al este y a la del capitán al oeste. Al sur de la Ría de la Rabia, el monte corona se configura como la zona de protección forestal del parque. En este monte existen importantes masas de roble y bosque mixto que se intercalan con grandes repoblaciones de roble americano, eucalipto y pino de Monterrey.

En el sector este de la ría de la Rabia, la costa se vuelve acantilada, alcanzando los 50 metros. Al oeste de Cabo Oyambre, la playa de Merón proporciona uno de los más bellos paisajes del litoral cántabro. La ría se san vicente y su brazo occidental o ría del Peral son de mayores dimensiones que las de la Rabia y El Capitán, y es importante en ella su potencial marisquero. El conjunto de las cuatro rías del parque configuran un hábitat excelente para la nidificación de numerosas especies de aves.

- **Parque Natural del Macizo de Peña Cabarga**: Este parque, desarrollado sobre 4 municipios (Villaescusa, Penagos, Liérganes y Medio Cudeyo), aparece situado sobre un macizo kárstico al sur de la bahía de Santander y alcanza su cota máxima en el Pico Llén de 560 metros de altura. Es de destacar su fuerte pendiente en los tramos medio y superior, tanto de su vertiente norte como de la sur. Fue declarado en 1989.

El bosque de frondosas autóctonas de su vertiente norte ha retrocedido por el aprovechamiento al que se ha visto sometido, para dar lugar a cultivos y prados en su zona baja y afloramientos de roquedo calizo en su zona más elevada. E su zona media aparecen repoblaciones de eucalipto y en su vertiente sur se desarrolla el encinar.

Ha sido importante la explotación minera de hierro en su vertiente suroccidental desde la época romana hasta finales del siglo XX. En la zona, se ubica el Parque de la Naturaleza de Cabárceno, con instalaciones zoológicas en las que habitan grandes mamíferos entre otros. Estas instalaciones aparecen sobre un área en el que las actuaciones de restauración paisajística de los terrenos afectados por las excavaciones mineras, han permitido realzar las formas kársticas, originando un paisaje peculiar.

- **Parque Natural de las Marismas de Santoña, Victoria y Joyel**: la importancia de este parque, declarado en 2006, radica por una parte en sus humedales, conformados por las marismas situadas en el estuario del río Asón y en Noja y Arnuero. Son sin duda, los de mayor trascendencia para las aves acuáticas migratorias de todo el litoral de Cantabria. Se desarrolla en diez municipios (Escalante, Santoña, Noja, Arnuero, Argoños, Bárcena de Cicero, Voto, Colindres, Limpias y Laredo). En este ámbito se pueden diferenciar aproximadamente 60 especies de aves. Por otra parte, constituyen una gran fuente de recursos para el marisqueo y la pesca, además de desempeñar la función de exportar materia y energía al mar.

La vegetación presente en la zona es la propia de los estuarios cantábricos y junto a abundantes algas cohabitan los carrizales, bien conservados en la marisma Victoria y muy apreciados por determinadas especies de aves que nidifican en ellos.

La fauna es amplia, constituida por moluscos, crustáceos, peces y numerosas aves. En cuanto a los mamíferos, los más significativos aparecen en el Monte Buciero, macizo kárstico sobre el que se desarrolla un encinar bien conservado.

- **Parque nacional de los Picos de Europa**: este parque, declarado en 1995, afecta a 15381 ha de territorio cántabro, y se desarrolla en tres municipios (Tresviso, Cillórigo Castro y Camaleño). El resto pertenece a las provincias de Asturias y León.

La porción del parque perteneciente a la región, configura la zona más agreste de ésta, donde el dominio es montañoso y el roquedo calizo cohabita con manchas de matorral subalpino y praderas que a medida que se asciende en altura se hacen discontinuas.

Sobre el sustrato calizo se desarrollan importantes procesos de karstificación que han originado numerosas formas en la zona, entre las que destacan importantes simas. Como consecuencia de este tipo de suelo, la vegetación es escasa y rala, siendo la roca la que toma protagonismo. Sin embargo, se puede señalar la existencia de pastizales alpinos, o comunidades vegetales de gran interés como los enebrales que aparecen en los puertos de Áliva. Asimismo, destacan los hayedos del piso montano, caso de la masa de esta especie situada en las proximidades de Fuente Dé. La especie animal más

significativa del parque es el rebeco, y el oso pardo en zonas relictas de los bosques de Valdebaró.

- **Parque natural de los Collados del Asón**: Es el último de los Parques Naturales declarados en Cantabria (1999). Desarrollado sobre el municipio de Soba, reúne valores naturales y paisajísticos importantes, siendo este último uno de sus mayores atractivos.

Las zonas de pastizal y matorral adquieren mayor importancia que el bosque, mucho más escaso y fragmentado en función de su constante aprovechamiento.

El río Asón ha sido uno de los principales ríos salmoneros de la región, pero actualmente sus poblaciones están por debajo de otros de los ríos de Cantabria. Sin embargo, en su tramo alto es un importante río truchero.

Es importante el macizo kárstico, no únicamente por las formas que ha originado en superficie, sino por el desarrollo de las cavidades o cuevas subterráneas, de gran interés para los espeleólogos.

4.3 Hidrografía

La particular estructura de los ríos y sus respectivas cuencas en Cantabria, aparecen determinadas por la proximidad y el paralelismo de los montes y cordilleras cántabras a la costa, configurando cauces perpendiculares a ambos.

Aunque la superficie de Cantabria pertenece a tres cuencas –la cuenca Norte o Cantábrica, la Atlántica y la del Ebro-, en relación a la planificación en materia hidrográfica realmente lo hace a diez cuencas fluviales –Ebro, Duero, Agüera, Asón, Miera, Pas, Saja-Besaya, Gandarillas, Nansa y Deva-. Las ocho últimas pertenecen a la denominada Cuenca Norte, en las que se incluyen todos aquellos ríos que vierten sus aguas al mar Cantábrico y al Atlántico Norte. La superficie que ocupa los terrenos pertenecientes a la cuenca del Duero es muy pequeña, afectando sólo al Camesa.

De los ocho ríos que pertenecen a la cuenca Norte, cinco tienen su recorrido completo sobre territorio cántabro, y los otros tres tienen una parte de su recorrido en provincias limítrofes. Es el caso del Agüera y el Asón, cuya parte de sus terrenos en Vizcaya es pequeña, pero no el caso del Deva en Asturias, que es bastante importante.

Los ríos de la vertiente cantábrica vierten sus aguas al mar cantábrico a través del litoral. Sus cursos, paralelos unos a otros, de recorrido corto y fuerte pendiente en sus cabeceras, presentan una orientación dominante S.N. Entre los ríos que drenan a la vertiente cantábrica, se distinguen el Agüera, el Asón, el Campiazo, el Miera, el Pas, el Saja, el Besaya, el Escudo, el Nansa y el Deva.

Los fuertes desniveles de las cuencas de los ríos de la vertiente cantábrica, proporcionan a los cauces un marcado carácter torrencial y una gran capacidad de modelado, originando valles muy encajados en algunas zonas.

Los ríos de mayor entidad que atraviesan la franja litoral por anchos valles desembocando en el mar, dan lugar a la génesis de estuarios de cierta extensión, caso de la ría de Oriñón o la desembocadura del río Agüera. Los humedales en estas zonas constituyen ecosistemas litorales de gran interés.

La vertiente mediterránea aparece representada y constituida por los aguas del curso superior del río Ebro. Este río, considerado como el más caudaloso de nuestro país, tiene su nacimiento y el desarrollo de sus primeros kilómetros en el territorio de la Comunidad Autónoma de Cantabria.

La cuenca del Duero ocupa una superficie muy pequeña en el sector meridional de la región, y está constituida por las aguas del río Camesa.

4.4 Edafología

En función de las condiciones climáticas y del sustrato geológico existente en Cantabria, se desarrolla una edafología que, dentro de una gran diversidad, está dominada por las tierras pardas húmedas sobre materiales silíceos.

En el litoral predominan en general suelos fértiles y bien desarrollados que se formaron bajo cubierta forestal, y que hoy ocupan praderías objeto de una explotación rentable y sostenible. Sin embargo, junto a ellos existen otros más vulnerables o degradados por la acción humana secular que tienen una potencialidad muy inferior.

A lo largo de los cauces fluviales, se desarrollan frecuentemente suelos aluviales y coluviales, que vienen a coincidir con manchas de materiales cuaternarios. Los materiales de origen cuaternario sobre los que discurren algunos de los cauces fluviales de la región, son base, tras el retroceso de los ríos y génesis de sus lechos, de importantes suelos de origen aluvial y coluvial –muy ricos en minerales para el desarrollo posterior de la vegetación-. Sobre estos suelos se ubican las mieses, zonas en las que tradicionalmente se han desarrollado importantes cultivos.

Merece gran interés señalar sin embargo que en algunas zonas litorales en las que se han realizado continuas repoblaciones de algunas especias –caso del eucalipto-, los suelos han perdido buena parte de su potencial en minerales, debido a la capacidad de éstos para absorber agua y nutrientes. Las zonas afectadas por este proceso son numerosas en la región.

Atendiendo a una clasificación detallada de las tipologías de suelos, como la basada en las categorías establecidas por la F.A.O, la tipología dominante se corresponde con el cambisol (o tierras pardas), que ocupa una extensión de unos 2760 km^2, lo cual representa algo más del 50% del territorio de la comunidad autónoma. Le siguen en importancia el Ranker (813 km^2) y los Litosoles (744 km^2).

Los cambisoles, que son los suelos más característicos de Cantabria, presentan un perfil A/(B)/C y son bastante profundos. Dependiendo del sustrato a costa del que se han formado pueden distinguirse, a su vez, tres grandes grupos:

- **Los cambisoles dístricos**, se desarrollan sobre rocas ácidas (areniscas, arcillas, limolitas), y están bien humificados aunque son pobres en nutrientes. Son frecuentes en todo el litoral (Cabo Oyambre, Miengo, Bareyo). Presentan una buena aptitud para prados salvo en las áreas de más pendiente.

- **Los cambisoles eútricos**, se forman sobre sustratos carbonatados, su materia orgánica está bien humificada y son ricos en nutrientes. Muy fértiles, resultan excelentes para cualquier uso agrario habitual. Sus mayores extensiones aparecen alrededor de la bahía Santanderina (Ribamontán al Mar, Marina de Cudeyo).

- **Cambisoles húmicos**: Típicos suelos forestales sobre sustrato silíceo, ricos en materia orgánica bien humificada, muy ácidos y pobres en nutrientes. Son habituales de zonas de altitud media en el interior (Monte Corona).

Los fluvisoles (o suelos de vega), son profundos y no suelen presentar horizontes claramente diferenciados. Se forman sobre fondos de valle y son el resultado de los depósitos abandonados por las sucesivas crecidas, abundando en limos y arenas. Aunque son pobres en nutrientes, se mantienen húmedos todo el año y resultan fértiles y fáciles de trabajar.

Los litosoles (cañizas o silíceos) coinciden con áreas en las que el roquedo desnudo predominante alterna con pequeñas superficies discontinuas de suelo. Estos suelos presentan un perfil C o (A)/C. Típicos en garmas y macizos calizos del oriente regional, soportan –en caso de disponer de un mínimo horizonte húmico- interesantes masas forestales o preforestales (encinares principalmente pero también hayedos en los emplazamientos más húmedos). Son suelos muy frágiles y discontinuos, incompatibles con los usos agrarios habituales.

Los luvisoles son suelos A/(B)/C bien humificados y con horizonte B de acumulación de arcillas compacto y plástico. Muy descalcificados y ligeramente ácidos, son fértiles y, bien manejados, pueden dar buenos rendimientos. Sin embargo, son también muy erosionables por lo que en áreas pendientes deben conservar (o en su caso recuperar) su cubierta forestal. En la zona oriental predominan los luvisoles árticos (o "terra fusca") de típico color pardo-amarillento mientras que en la occidental aparecen los crómicos (o "terra rossa"), de color rojo, que suelen estar asociados a grandes depresiones kársticas.

Los phaeozems (o tierras pardas calizas), son suelos A/(B)/C muy espesos, ricos en nutrientes y en materia orgánica bien humificada, que se forman sobre margas y calizas arcillosas. Son muy fértiles y poco erosionables, por lo que resultan excelentes para cualquier uso agrario. Aunque no son muy habituales en Cantabria, resultan significativos en el área de Miengo, Suances y Santillana.

Los rankers son suelos cuyo horizonte de humus se asienta directamente sobre la roca madre, de naturaleza silícea. Estos suelos, cuyo espesor oscila entre 10 y 50 cm, tienen perfil A/C, presentando una saturación inferior al 50% y pH muy ácido. Se sitúan entre las cumbres montañosas o en sus laderas, en terrenos de fuerte pendiente, por lo que están sometidos a procesos de erosión. Las texturas varían de franco.arenosas a arenosas, y al ser muy lavados resultan pobres en elementos nutritivos, por lo que su aprovechamiento se limita al forestal con especies rústicas o al mantenimiento de la cubierta natural con brezal o monte bajo.

Los regosoles proceden de materiales no consolidados, como acumulación de derrubios de ladera y materiales glaciares, así como de rocas blandas. El perfil está poco diferenciado siento además la humificación limitada. En el territorio de la comunidad autónoma se distinguen 3 tipos:

Calcáreos, de pH básico y ricos en carbonato cálcico.

Dístricos, que con un pH ácido son los más pobres en elementos nutritivos y los más abundantes.

Eútricos, de pH neutro, y formados a partir de las margas irisadas de Keuper.

La estructura inestable de estos suelos y su gran tendencia a erosionarse, los hace difícilmente aprovechables si la topografía no es favorable.

Por último **las rendsinas**, que son suelos con perfil y profuncidad parecidos a los rankers, pero con el horizonte A descansando sobre litologías ricas en carbonato cálcico (calizas o dolomías, generalmente). Presentan una solución superior al 50%, pH

básico o ligeramente ácido, y un horizonte A bien humificado. Al ocupar zonas de fuertes pendientes sufren también los riesgos de la erosión. Además, su pequeño espesor condiciona su aprovechamiento para pastos y repoblación forestal, principalmente.

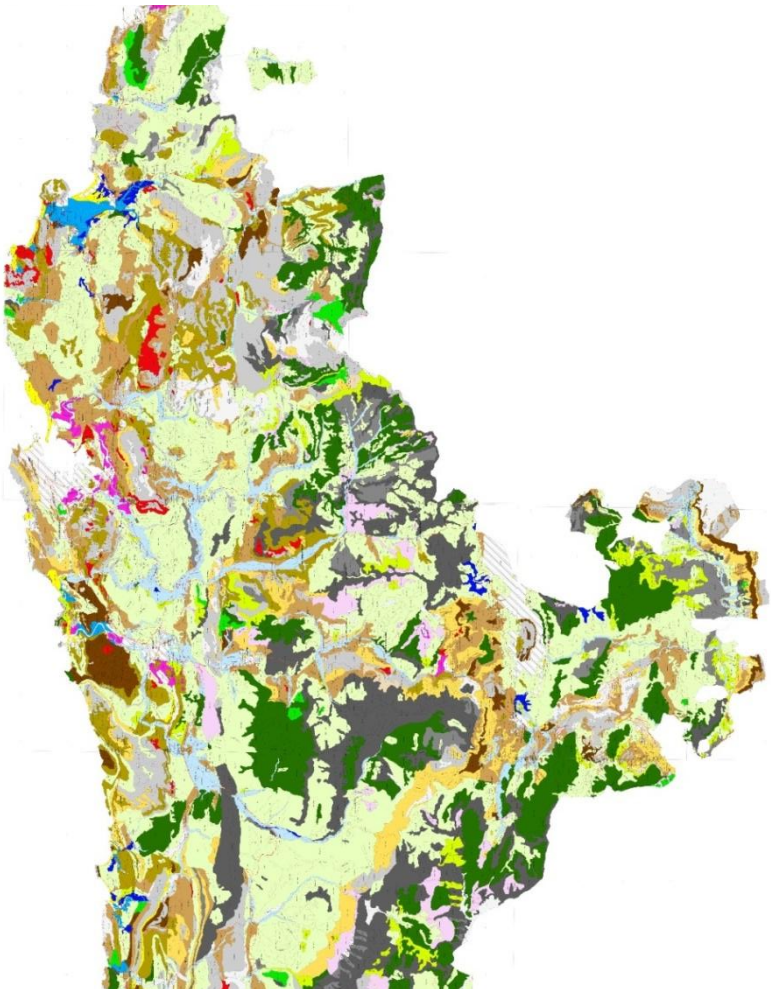


Ilustración 35, edafología de Cantabria

Anejo 5 Viabilidad del proceso productivo de implantación de una central de biomasa

5.1 Posibles zonas de implantación

A la hora de establecer un emplazamiento para la central se tendrán en cuenta varios criterios, como son la producción de biomasa de las zonas colindantes, los accesos al emplazamiento escogido, o la demanda de las poblaciones cercanas. A continuación se detallan cada uno de los criterios, empezando por los excluyentes (aquellos que designan zonas en las que no sería posible la implantación).

- **La altitud**: Se trata de un factor de gran importancia. Como se ha mencionado anteriormente, el eucalipto en cualquiera de sus especies no se desarrolla por encima de 1000 – 1100 metros de altitud, lo que reduce mucho su área de crecimiento. Sería por tanto ilógico situar la central en un lugar donde es imposible producir el combustible que la alimenta, y es por ello que toda la zona sur de la comunidad queda excluida como posible ubicación. A continuación se presenta un mapa sobre el que se marcan en rojo las zonas con altitud igual o superior a 1100 metros:

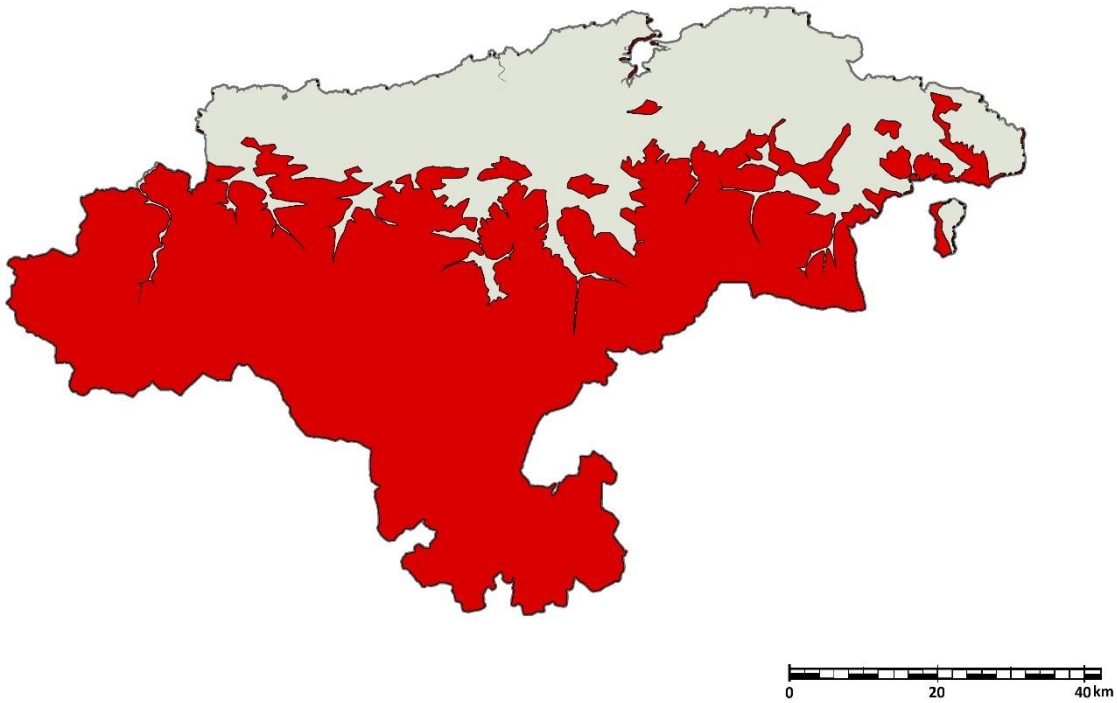
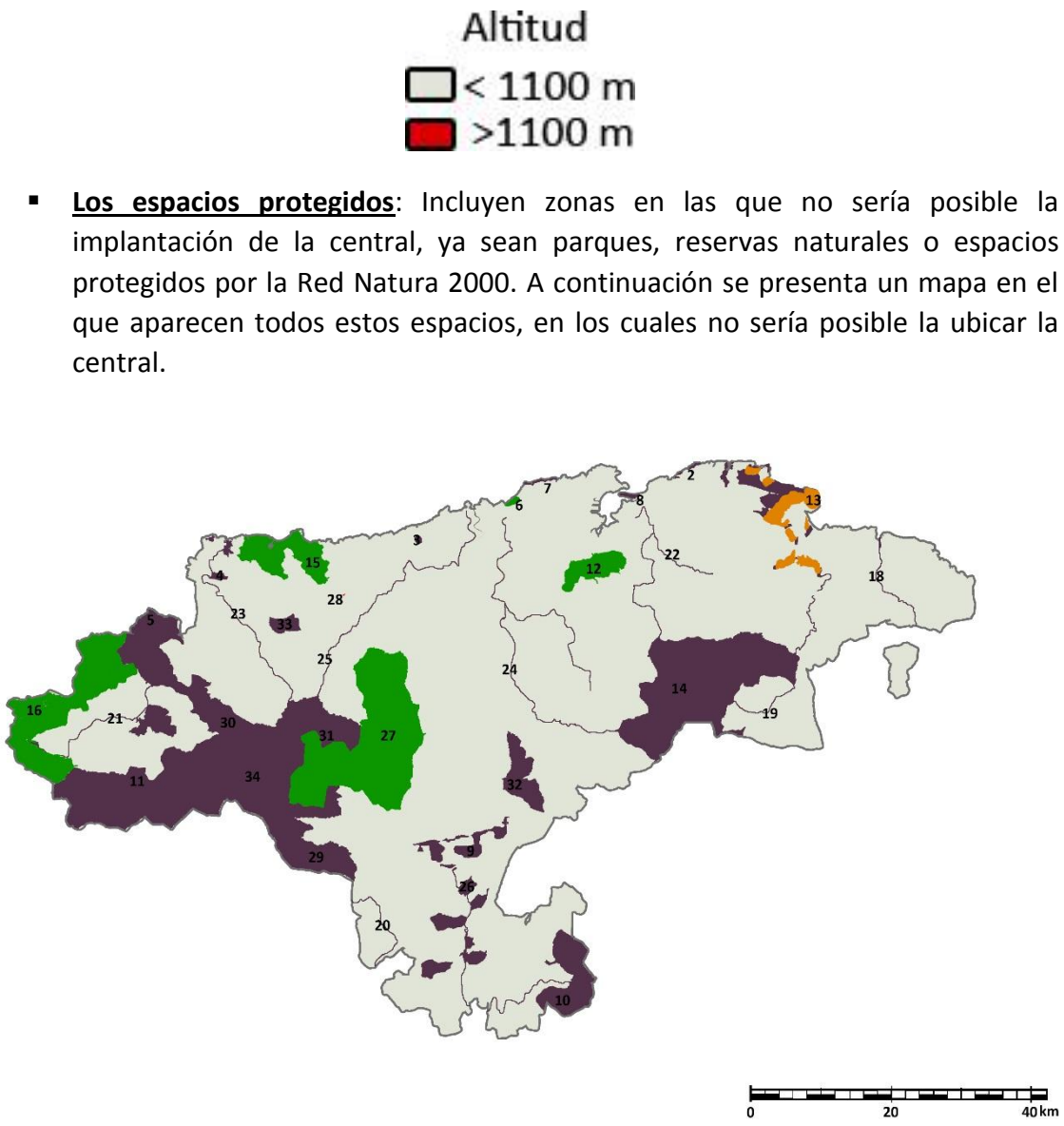


Ilustración 36, zonas con altitud mayor a 1100 metros



- **Los espacios protegidos**: Incluyen zonas en las que no sería posible la implantación de la central, ya sean parques, reservas naturales o espacios protegidos por la Red Natura 2000. A continuación se presenta un mapa en el que aparecen todos estos espacios, en los cuales no sería posible la ubicar la central.

Ilustración 37, conjunto de espacios protegidos en Cantabria

Se incluye también una tabla que contiene el área que ocupa cada tipo de espacio protegido (desglosado en área forestal arbolada, desarbolada, y no forestal), así como el color que le corresponde en el mapa superior a cada una de ellos.

Figura de protección	Superficie (ha)			
	Forestal Arbolado	Forestal desarbolado	No forestal	Total
Parques	20,239,01	22,777,61	6.623,85	47.640,47
Reservas Naturales	813,81	1.039,29	1.446,59	3.299,69
Monumentos Naturales	2,65	0	0	2,65
Espacios protegidos Red Natura 2000	58.849,95	66.516,85	20.194,36	145.561,16

Tabla 27, distribución de las distintas figuras de protección

Dichos espacios protegidos corresponden a lo siguiente:

1- Collados del Asón
2- Costa central y ría de Ajo
3- Cueva de Rogeria
4- Cueva del Rejo
5- Desfiladero de la Hermida
6- Dunas de Liencres
7- Dunas de Liencres y Estuario del Pas
8- Dunas del Puntal y Estuario del Miera
9- Embalse del Ebro
10- Hoces del Ebro
11- Liébana
12- Macizo de Peña Cabarga
13- Marismas de Santoña, Victoria y Joyel
14- Montaña Oriental
15- Oyambre
16- Picos de Europa
17- Rías Occidentales y Duna de Oyambre
18- Río Agüera
19- Río Asón
20- Río Camesa
21- Río Deva
22- Río Miera
23- Río Nansa
24- Río Pas
25- Río Saja
26- Río y Embalse del Ebro
27- Saja-Besaya
28- Sequoias del Monte Cabezón

29- Sierra de Hijar
30- Sierra de Peña Sagra
31- Sierra del Cordel y Cabeceras del Nansa y Del Saja
32- Sierra del Escudo
33- Sierra del Escudo de Cabuérniga
34- Valles altos del Nansa y saja y alto Campoo

Como resultado de todo esto, y si unificamos las zonas excluyentes a la hora de implantar la central, obtendremos el siguiente mapa, en el cual se presentan en color rojo aquellas zonas en las que no es posible ubicar la central, y en verde aquellas en las que sí podría hacerse:

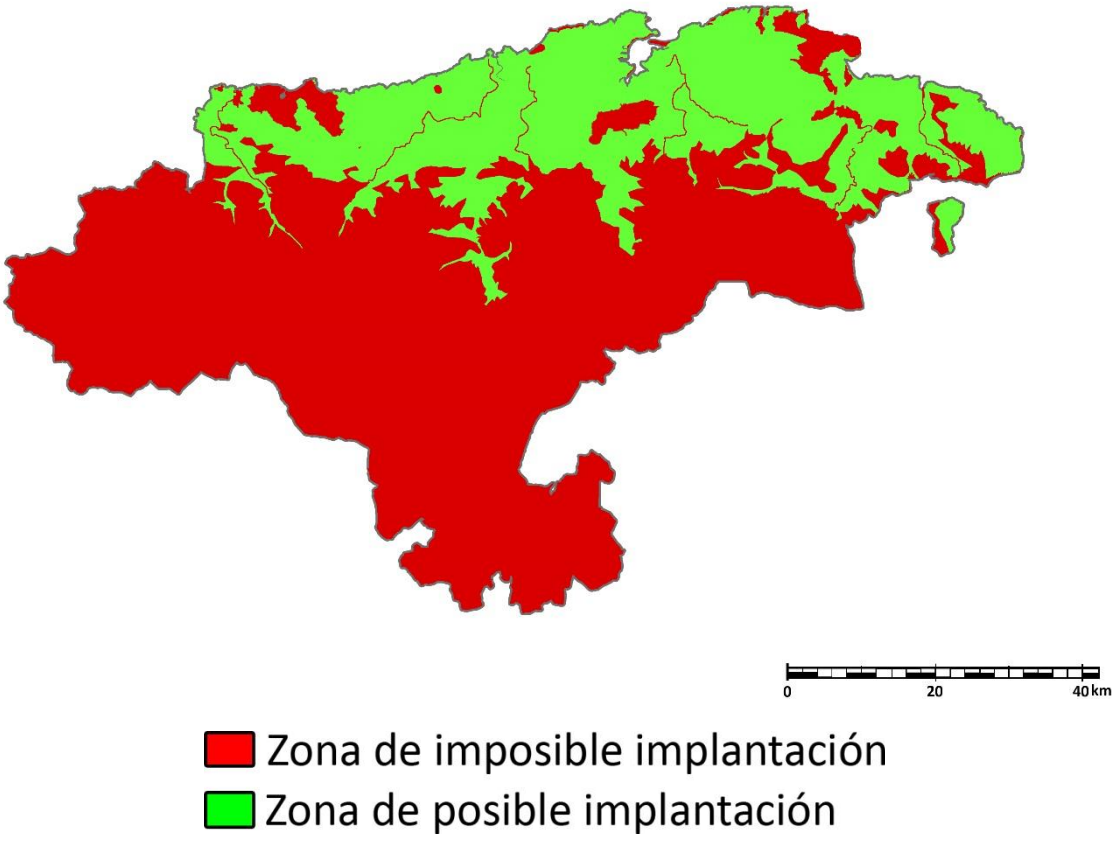


Ilustración 38, zonas de posible implantación

Una vez designados los espacios en los que no es posible la implantación, han de evaluarse los factores que decidirán la ubicación definitiva entre todas las zonas en las que sí que es posible instalar la central. Se tendrán en cuenta los factores siguientes:

- **La demanda**: A la hora de establecer el emplazamiento de una central de producción energética, ha de tenerse en cuenta también que la energía

generada debe ser volcada posteriormente a la red, y transportada a cada uno de los puntos de demanda. Debido a esto, es lógico que la central se sitúe cerca de dichos puntos de demanda, de forma que el volcado de la energía a la red se realice de forma sencilla y poco costosa (circunstancias que no se darían en caso de situar la central en un punto alejado de las zonas más pobladas de la comunidad, lo que requeriría una gran inversión en líneas eléctricas para el transporte de la energía generada).

Teniendo esto en cuenta, Cantabria tiene varias zonas que se destacan claramente como puntos de máxima demanda por ser los que cuentan con un mayor número de habitantes, y que se sitúan en Torrelavega, Santander y Laredo, como bien se puede apreciar en la imagen que se muestra a continuación.

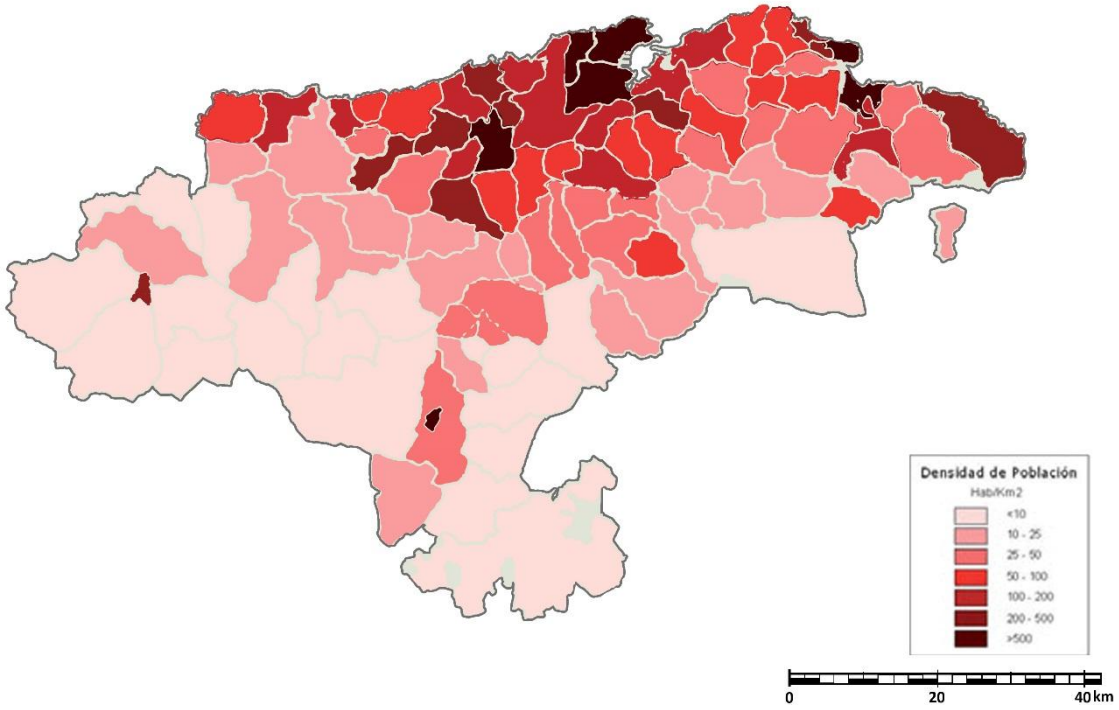
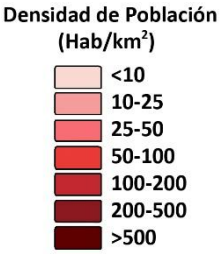


Ilustración 39, demografía de Cantabria

Los colores representan el número de habitantes por kilómetro cuadrado, siendo sus valores los siguientes:



Tienen también importancia municipios como Camargo, Santoña, Noja o Cabezón de la Sal, que congregan gran cantidad de habitantes a pesar de no llegar al nivel de los arriba mencionados. De los municipios más importantes de Cantabria se da información más detallada en el estudio socioeconómico presente en este proyecto de investigación.

- **Los accesos**: Los accesos son otra variable de importancia a tener en cuenta a la hora de buscar un emplazamiento para una central. La existencia de carreteras o autovías cerca de la zona escogida pueden ser de gran utilidad desde el momento en que la central comienza a construirse (ya que facilita bastante el acceso a la zona de obras por parte de la maquinaria, así como el transporte de materiales). Además, y una vez construida la central, ésta ha de ser provista de recursos para ser capaz de producir energía. El suministro de dichos recursos será más sencillo cuanto mejores sean los accesos a la planta. Se muestran por tanto a continuación las vías más importantes que recorren Cantabria:

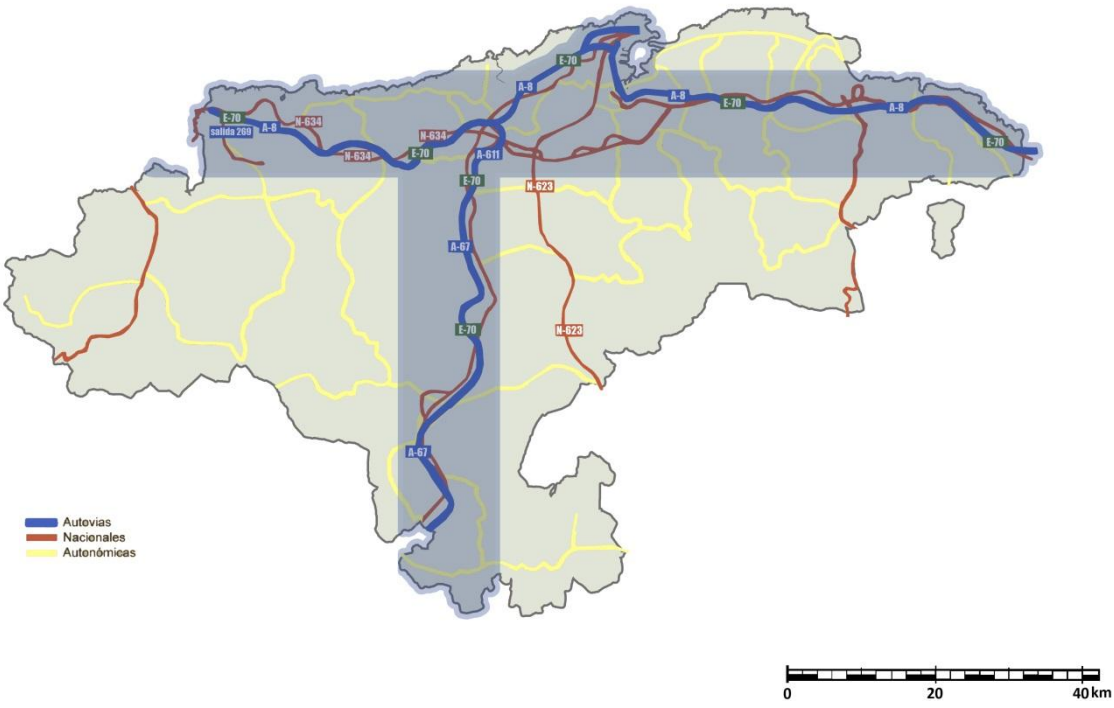


Ilustración 40, vías principales de Cantabria

Se observan varios puntos bastante bien conectados vialmente hablando, como son la zona de Torrelavega y alrededores, y Santander. Entre estos dos emplazamientos, Torrelavega tiene mejores accesos puesto que en ella confluyen las autovías A-67 (que desciende hacia el sur en dirección a Burgos) u la A-8 (que atraviesa la comunidad de oeste a este procedente de Asturias hasta el País Vasco. Por tanto, el municipio de Torrelavega y sus alrededores serían la mejor ubicación teniendo en cuenta los accesos como criterio principal.

- **La producción**: Las centrales de biomasa generan energía a partir de residuos (en este caso madera), por lo que necesitan un suministro continuo de dichos residuos. La madera que emplean las centrales de biomasa se extrae de los restos que otras industrias (como la papelera) no pueden aprovechar. Por tanto, cualquier zona de aprovechamiento maderero es susceptible de producir biomasa. En la actualidad el árbol más utilizado para este tipo de explotaciones es el eucalipto (ya sea *eucalyptus globulus* o *eucaliptus nitens*), debido a sus cortos ciclos de corta y a su rápido crecimiento.

A continuación se presenta un mapa que incluye las zonas en las que actualmente existen eucaliptos en Cantabria, independientemente de su especie:

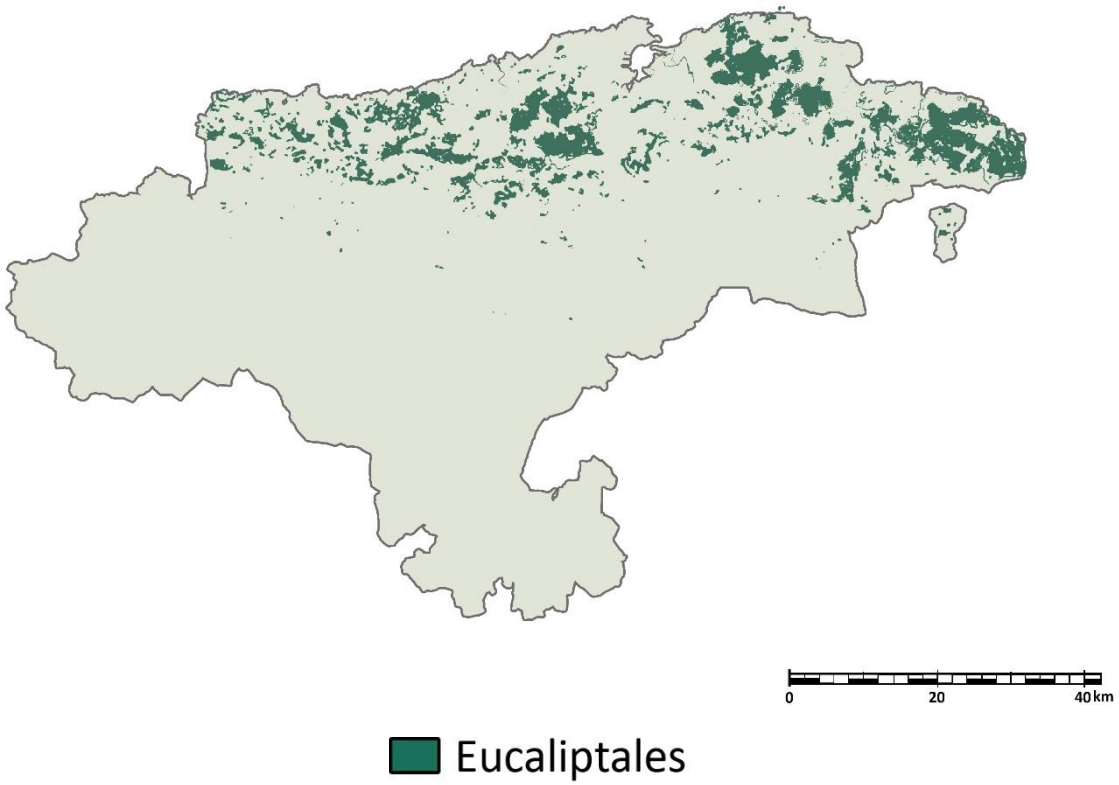


Ilustración 41, población de eucaliptos en Cantabria

Se puede apreciar que cubren la práctica totalidad de la zona norte de la comunidad, y que sin embargo no están presentes más al sur. Esto se debe a uno de los requerimientos ecológicos del eucalipto (la altitud), que difícilmente sobrevive por encima de los 1000 metros de altura.

Teniendo esto en cuenta, la ubicación ideal de una central de biomasa en Cantabria sería allí donde más cerca se produjese su combustible. Esto se traduce en que tanto la zona de Torrelavega y alrededores como la zona situada más al este de Cantabria podrían ser buenos emplazamientos para la central. Para escoger entre estos dos lugares entra en juego otro factor, como es la productividad de cada una de las zonas (cual produce más toneladas de biomasa por hectárea). También ha de tenerse en cuenta que Torrelavega se encuentra en el centro de todo el área cubierta por eucalipto (lo que permite el suministro de biomasa procedente de este y oeste), mientras que en caso de situar la central en la zona de Castro Urdiales, el desplazamiento a las zonas más occidentales de la comunidad es mucho mayor.

Anejo 6 Cálculos para determinar el emplazamiento idóneo de la central

A la hora de establecer el mejor emplazamiento para situar la central, se tendrá en cuenta que el combustible del cual se alimenta es la biomasa. Por tanto, se buscará la máxima proximidad a las zonas de extracción de la misma. Ya se ha incluido en este estudio las zonas que cuentan con eucaliptos, situadas todas en la zona norte de la comunidad.

Dentro del conjunto total de población de eucaliptos, pueden diferenciarse cuatro zonas de congregación de los mismos. El emplazamiento ideal de la central será en el punto que se sitúe lo más cerca posible de estas cuatro zonas, teniendo asimismo en cuenta que unas áreas estarán más pobladas de eucaliptos que otras. A continuación se incluye el mapa con las cuatro áreas marcadas:

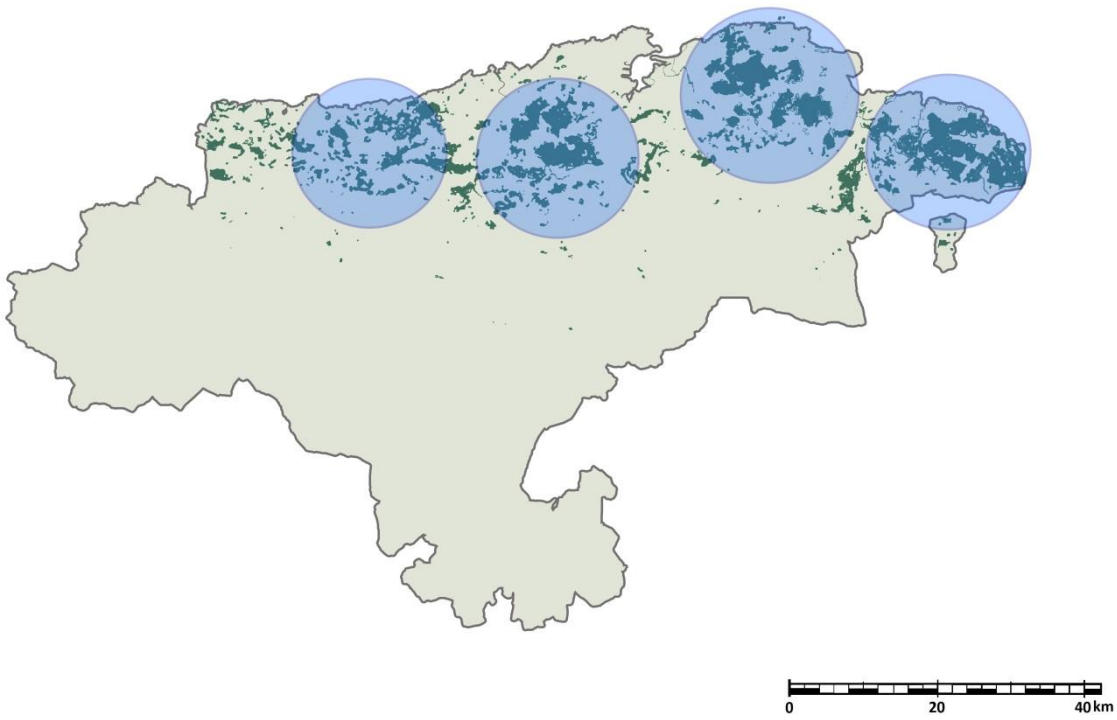


Ilustración 42, zonas más representativas de población de eucalipto

La zona idónea vendrá determinada por el centro de gravedad que tenga en cuenta las cuatro zonas. Para ello, se han calculado las áreas de cada una de las zonas con AutoCad; el primer paso fue dimensionar la imagen acorde a la escala gráfica presente en la misma, de forma que las medidas obtenidas fuesen reales. Después, se dibujaron con polilíneas cada una de las manchas presentes en el mapa. A continuación, con la

herramienta medir área se calculó el área de cada mancha, obteniendo el área de cada una de las cuatro zonas marcadas. Los resultados se presentan en la siguiente tabla:

	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4
	5,028	0,522	47,42	0,23
	0,926	0,124	1,326	1,099
	1,093	0,051	0,075	0,153
	0,416	1,319	0,794	0,346
	0,43	2,321	0,195	16,634
	0,416	34,735	0,193	0,153
	0,52	0,088	0,237	2,986
	0,284	0,315	0,49	0,75
	0,238	27,729	0,476	0,337
	0,508	1,308	0,931	0,044
	0,976	1,201	4,633	114,366
	0,48	0,053	2,137	1,294
	26,617	0,965	1,615	2,346
	7,052	0,409	0,909	0,101
	10,812	0,254	0,43	0,073
	5,23	0,287	0,235	0,942
	1,42	0,629	0,854	0,222
	1,082	1,365	0,252	0,157
	0,586	2,258	1,637	
	2,61	2,193	0,088	
	0,079	0,919	0,061	
	0,202	0,052	0,073	
	0,094	0,052	0,037	
	0,186	0,47	0,146	
		0,315	0,095	
		0,889	0,279	
			0,744	
			26,85	
			0,631	
			0,059	
			1,096	
			0,379	
			5,298	
			0,153	
			0,061	
			0,152	
			0,379	
Área total	67,285	80,823	101,42	142,233

Tabla 28, áreas de las diferentes zonas de eucalipto

También se calcularon los incrementos en el eje X y el eje Y del centro de cada una de las zonas con respecto a un origen, obteniendo los siguientes resultados:

ZONA	ΔX	ΔY
1	56,06	77,245
2	77,995	78,161
3	104,32	84,918
4	131,186	75,964

Tabla 29, incrementos

Una vez obtenidos estos datos, se pueden ya calcular los incrementos de X y de Y con respecto al origen designado de la posible localización de la central. Se hallarán dichos incrementos mediante fórmulas que tengan en cuenta tanto la posición de cada una de las zonas de agrupaciones de eucaliptos, como su tamaño, dando además un valor mayor a las zonas con mayor demanda energética.

Para ello, se utilizarán las siguientes fórmulas:

$$X_0 = \frac{\Sigma \Delta X * A * P}{A_t}$$

$$Y_0 = \frac{\Sigma \Delta Y * A}{A_t}$$

Siendo ΔX e ΔY los incrementos tanto en el eje X como en el eje Y de cada una de las zonas de árboles, A el área de las mismas, P un peso asignado en función de la demanda energética de cada zona (la cual se determina a partir de la cantidad de habitantes o densidad de población de dicha zona), y A_t el área total poblada con eucalipto en la comunidad. Dando valores obtenemos:

$$X_0 = \frac{56{,}06 * 67{,}285 * 0{,}5 + 77{,}995 * 80{,}823 * 0{,}8 + 104{,}32 * 101{,}42 * 1 + 131{,}186 * 142{,}233 * 0{,}5}{67{,}285 + 80{,}823 + 101{,}42 + 142{,}233}$$

$$Y_0 = \frac{77{,}245 * 67{,}285 + 78{,}161 * 80{,}823 + 84{,}918 * 101{,}42 + 75{,}964 * 142{,}233}{67{,}285 + 80{,}823 + 101{,}42 + 142{,}233}$$

INCREMENTOS	
X_0	100,354
Y_0	78,955

Tabla 30, posición de la central

Si se llevan estos incrementos en los ejes coordenados anteriormente designados, se obtendrá la siguiente posición, correspondiente a una zona situada entre Torrelavega, Santillana y Reocín:

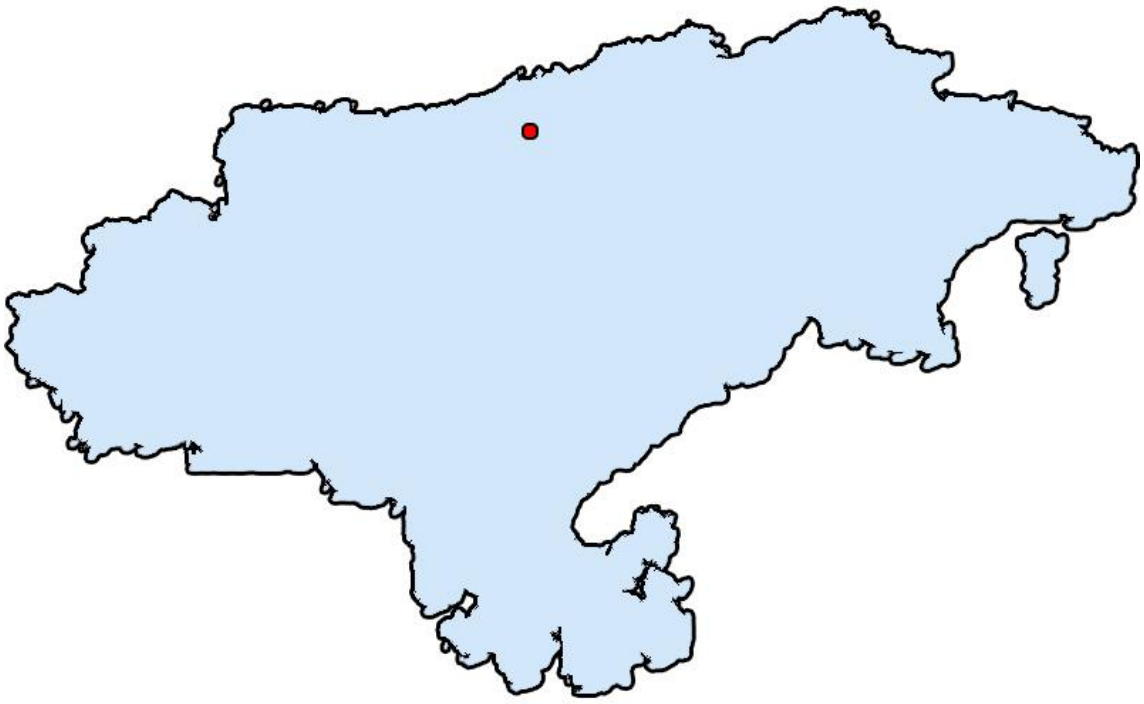


Ilustración 43, emplazamiento de la central

Anejo 7 Cálculos para determinar la potencia instalada de la central

Determinado pues el emplazamiento idóneo de la central en función de las masas de producción de biomasa y la demanda energética, ha de determinarse la viabilidad de dicho proyecto. Para ello se tendrán en cuenta varios factores, siendo el más importante si efectivamente hay suficiente combustible para alimentar la caldera.

Con el fin de aumentar la producción de biomasa, se propone en este proyecto de investigación el reacondicionamiento de zonas actualmente en desuso, replantándolas con eucaliptos en cualquiera de sus variantes aptas para la producción de biomasa. Así, las zonas con bajo cubiertas arbóreas y las superficies desarboladas se contarán como área útil de producción.

Las bajo cubiertas arbóreas incluyen setos, orlas, bardas, salcedas, galerías arbustivas, brezales, matorrales y agrupaciones afines, mezclas de matorrales de distintas especies, herbazales y pastizales. La superficie desarbolada, como su nombre indica, incluye áreas con escasa o nula vegetación.

Los factores anteriormente tenidos en cuenta para elegir la posible ubicación de la central, se tendrán en cuenta también a la hora de determinar zonas que puedan ser reacondicionadas para el aprovechamiento de la biomasa, puesto que los requerimientos ecológicos del eucalipto han sido parte fundamental a la hora de determinar dichos factores. Así, y una vez desechadas las zonas en las que éste no pueda prosperar en cualquiera de sus especies, se determinarán los áreas que sí pueden ser reacondicionados, evitando zonas o espacios protegidos cuyo aprovechamiento no puede realizarse. El resultado se muestra en el mapa que se incluye a continuación:

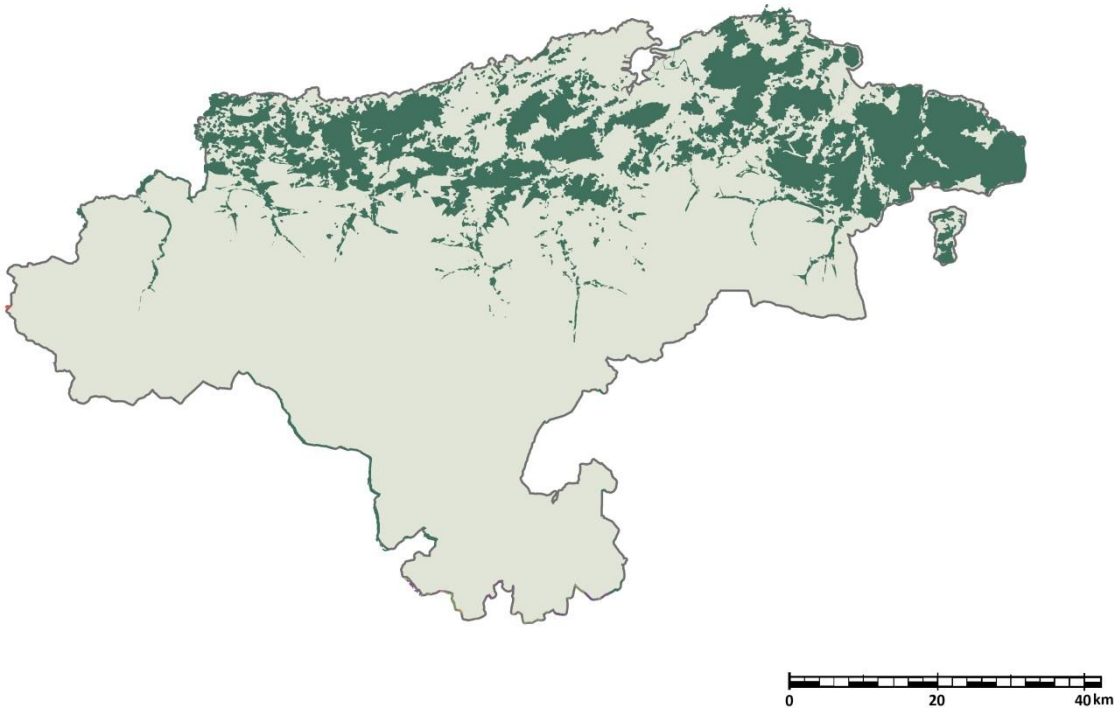


Ilustración 44, zonas de eucalipto tras replantar y reacondicionar

Puede observarse que la superficie cubierta es mucho mayor, lo que daría lugar a una mayor producción de biomasa forestal. Para determinar dicha producción, primero ha de determinarse la nueva área cubierta por el eucalipto, para lo cual se utilizará el programa AutoCAD. Al igual que se ha hecho antes, se dimensiona la imagen acorde a la escala gráfica presente en la misma, para después determinar los áreas de cada una de las superficies. Se obtienen así los siguientes resultados:

ÁREAS							
0,871	0,053	0,185	0,389	0,881	0,067	0,136	0,261
0,353	0,054	0,045	1,123	1,391	0,081	0,569	0,124
1,543	0,334	0,431	0,157	0,376	0,065	0,17	0,05
0,725	0,176	0,204	0,257	0,117	0,064	0,158	0,303
0,097	0,233	0,316	0,456	0,251	1,595	0,084	0,13
2,224	0,155	0,339	0,072	0,403	0,118	22,363	0,273
2,2	0,504	0,166	0,203	0,07	0,308	0,1	0,032
1,06	1,587	0,271	0,075	4,269	0,099	2,674	0,061
0,69	0,057	0,069	0,584	0,035	0,072	2,836	0,092
5,967	0,17	0,118	0,08	0,208	0,109	4,698	0,252
0,277	0,094	0,125	1,027	0,066	3,144	0,149	0,097
14,215	2,919	0,092	0,08	0,258	0,329	0,179	317,81

0,07	0,165	0,047	0,403	0,424	0,307	0,049	14,179
0,144	0,11	0,228	0,2018	0,025	4,493	0,009	0,161
0,455	0,564	0,456	0,517	0,135	0,085	0,298	0,136
0,21	0,353	0,639	0,244	0,202	0,094	3,257	0,28
0,185	0,532	0,097	3,771	0,083	0,057	67,837	0,046
0,669	4,137	0,358	0,151	0,119	0,135	4,678	0,225
0,248	5,167	0,143	0,338	41,673	0,133	0,148	1,458
0,102	0,287	0,092	0,038	0,116	2,125	0,501	0,422
9,933	0,139	0,31	0,072	0,174	0,062	0,43	0,141
0,344	0,02	0,074	0,867	0,058	0,152	0,235	0,175
0,203	0,055	0,035	0,129	0,033	0,016	0,481	0,032
0,106	0,897	0,022	0,153	0,299	0,095	1,019	0,066
0,046	0,051	0,05	0,19	0,108	0,105	0,091	0,535
0,122	0,646	0,037	0,12	0,137	0,176	0,085	0,345
0,494	0,182	0,174	0,174	0,073	0,207	0,019	0,116
0,078	0,119	0,079	0,083	1,061	1,831	0,248	0,128
0,214	0,331	0,074	0,223	2,341	3,534	0,207	3,724
0,666	4,334	0,093	0,18	0,081	0,071	0,103	0,046
9,358	0,051	0,14	0,09	0,106	0,073	0,018	3,002
0,385	1,331	0,148	0,135	0,074	0,329	0,156	3,374
0,128	0,116	0,076	0,22	1,759	1,209	0,14	0,127
0,042	4,686	0,253	1,506	2,309	0,08	0,136	0,088
0,232	3,776	0,406	0,807	0,341	0,133	0,607	0,089
98,374	0,271	0,113	0,046	0,103	18,727	0,252	11,074
0,63	0,237	0,201	0,314	0,038	0,536	0,446	0,165
0,254	1,365	0,119	0,054	0,154	0,192	0,429	0,078
11,259	0,132	0,082	0,095	1,098	0,161	14,83	0,084
0,063	0,235	0,038	0,28	0,079	32,347	10,186	0,592
0,075	0,151	0,062	0,096	0,074	0,161	0,038	
TOTAL							
861,7958							

Tabla 31, área total de eucalipto tras repoblar

A partir de esta área, puede calcularse la cantidad de biomasa que puede obtenerse. Aun así, ha de tenerse en cuenta que esta superficie obtenida no se ajusta a la realidad. Es necesario restar aquellas zonas con humedales, fincas particulares, áreas urbanas, parques naturales, espacios protegidos, etc. en las cuales no es posible realizar plantaciones energéticas.

La superficie cubierta por las ciudades principales dentro de la zona estudiada incluyendo también las zonas más representativas con diversos usos es de 18252,6 ha, de las cuales son más representativas localidades como Torrelavega (3554 ha), Laredo (23310 ha) o Castro Urdiales (96720 ha). Al área obtenida tras restar estas superficies (67926,98 ha), hay que descontarle además el de los espacios protegidos que se superponen con ella, consistentes en 16239,01 ha. Por tanto, el área final del que se dispone es de 51687,97 ha. De esta forma, la superficie total utilizable obtenida se ve reducida hasta casi la mitad.

Para ello, se toman como referencia datos presentes en el estudio de biomasa "Borrando Huella", del cual se obtienen las siguientes relaciones:

Eucaliptus Globulus (eucalipto) turno: 15 años														
Intervención	Edad	Nº de pies (ud/ha)	D med (cm)	h med (m)	V total (m3)	d extr (cm)	h extr (m)	Fuste extr (m3)	Biomasa residual (ts)	Biomasa total (ts)	PP maderable anual (m3/año)	PPB residual anual (ts/año)	PPB competitiva anual (ts año)	
Repoblación	0	1400	0	0			0	0						
Limpia	5													
1ª corta final	15	1400	18	17		18	17	225	58,89	212,81	5	1,31	1,31	
Resalveo	16													
Limpia	20													
2ª corta final	30	1400	19	17,5		19	17,5	250	64,54	239,61	5,56	1,43	1,43	
Resalveo	31													
Limpia	35													
3ª corta final	45	1400	19	17,5		19	17,5	250	64,54	239,61	5,56	1,43	1,43	

Tabla 32, ciclo de eucalipto (turno 15 años)

En esta tabla puede observarse que existe una relación entre la cantidad de fuste extraído, en metros cúbicos, y la cantidad de biomasa obtenida. Para este estudio se tendrá únicamente en cuenta la cantidad de biomasa residual generada, ya que se presupone que el resto de material es utilizado en otras industrias.

Una vez replantadas y reacondicionadas todas las zonas desarboladas o desatendidas, como se ha mencionado anteriormente, se tienen un total de 516,879 km^2 de población de eucalipto. Esto equivale a 51687,97 ha de eucalipto aprovechables, al menos teóricamente. Se sabe que el número de metros cúbicos de fuste por hectárea es de 155,14 m^3. Por tanto, se obtienen:

$$51687{,}97\ ha * 155{,}14\ {}^{m^3}/_{ha} = 8018871{,}66\ m^3$$

Conociendo las relaciones entre metros cúbicos de fuste extraído y biomasa obtenida, puede hallarse tanto la cantidad de biomasa total como biomasa residual, siendo esta última la aprovechable para generar energía.

EUCALIPTO	
Número de ha	51687,97 ha
m^3 de fuste por ha	155,14 m^3
Biomasa total	7682079,056 t
Biomasa residual	1997340,55 t

Tabla 33, cantidad de biomasa obtenida

A partir de la cantidad de biomasa producida en las hectáreas seleccionadas, puede calcularse la potencia instalada de la hipotética central. Para ello ha de conocerse además el PCS del eucalipto, obtenido de la siguiente tabla. Debe tenerse también en cuenta que el rendimiento de recogida de la biomasa es aproximadamente de un 60%.

Tipo de biomasa	Humedad en el momento de corta	PCI (kcal/kg)
P. pinaster	42,5	2465,2597
P. halpensis	37,5	2685,7503
P sylvestris	42,5	2465,2597
P . Pinea	44	2265,4013
P. nigra	42,5	2396,6439
P radiata	44	2305,4968
E. globulus	52,5	1832,7511
F. silvatica	40	2325,804
Castanea sativa	40	2411,722
Populus sp.	45	2109,4894
Q. pyrenaica	40	2325,804
Q. petraea	40	2340,123
Q. ilex	40	2340,123

$$51687\ ha * 40{,}05\ {}^{t}/_{ha} * 0{,}60 = 1242038{,}61\ t = 1{,}2420 * 10^{9} Kg$$

Este es el número de toneladas de biomasa que puede obtenerse de las 51687 hectáreas de eucalipto de las que se dispone. La energía específica o por unidad de masa, se obtiene a partir del PCS y el número de toneladas de biomasa disponibles:

$$20151{,}79\ {}^{KJ}/_{Kg} * 1{,}242 * 10^{9} = 2{,}5029 * 10^{13} KJ$$

El ciclo del eucalipto es de aproximadamente 15 años, que será por tanto el tiempo que tenga que durar el suministro para abastecer la central de forma continua. Por tanto, para obtener la potencia instalada, se divide la energía anteriormente obtenida entre el tiempo de funcionamiento. Además ha de multiplicarse por el rendimiento del ciclo Rankine (se utiliza este tipo de ciclo y no otro debido a la temperatura de llama), que es aproximadamente 0,2:

$$\frac{2{,}5029 * 10^{13} KJ}{15\ años * 365\ días * 24\ h * 3600\ s} * 0.2 = 105882{,}19\ KW = 10{,}6\ MW$$

La potencia instalada de la central será de 10,6 MW. Puede además calcularse el flujo de biomasa anual, conocidas las toneladas de biomasa totales y el tiempo durante el cual han de ser consumidas:

$$\frac{1{,}2420 * 10^{6} t}{15\ años} = 82800\ {}^{t}/_{año}$$

Anejo 8 conclusiones

Tras finalizar este proyecto de estudio, las conclusiones obtenidas son claras. Es necesaria una gran cantidad de biomasa para producir una pequeña cantidad de energía. Esto no quiere decir que la biomasa en sí sea poco eficiente, o que haya que dejar de utilizarla, sino más bien que es necesaria una gran cantidad de hectáreas para producir una cantidad decente de energía.

En el caso de Cantabria, se da la circunstancia de que por encontrarse junto a la costa permite el crecimiento de gran cantidad de especies de vegetación. También influye, en este caso negativamente, que dado que presenta una gran diferencia de altitud entre su zona norte y su zona sur, solo pueda aprovecharse para cualquier tipo de explotación de este tipo la zona norte. Además, la presencia de varios parques naturales y zonas protegidas dificulta dicha explotación, sin olvidar el tema económico y legislativo, que se ha obviado en este proyecto, pero que entorpece mucho la explotación de la biomasa en esta comunidad.

Replantando y reacondicionando zonas que actualmente carecen de uso alguno, podría llegar a obtenerse el doble de hectáreas de las que actualmente se dispone, y aun contando con tan ingente cantidad de población de eucaliptos, sólo podría abastecerse una única central de unos 10 MW. Además, la retirada de subvenciones con las que hasta ahora el gobierno colaboraba con este tipo de energía renovable, dificulta en mayor medida el que una empresa se embarque en un proyecto de este tipo.

Actualmente existe en Cantabria una central de estas características (10 MW) situada en Reocín, lo cual es señal de que los cálculos realizados en el proyecto de estudio de implantación de una hipotética central se asemejan bastante a la que de hecho existe en la comunidad. El problema de esta central es el abastecimiento de suministro, que depende en buena medida de las comunidades de Asturias y País Vasco. Otra interpretación del estudio sería por tanto que replantando y reacondicionando las zonas en desuso, podría eliminarse la dependencia que actualmente se tiene de la biomasa procedente de otras comunidades.

Anejo 9 Bibliografía:

Geotérmica:

http://www.cega.ing.uchile.cl/cega/index.php/es/informacion-de-interes-/ique-es-la-energia-geotermica

http://twenergy.com/a/usos-de-la-energia-geotermica-594

Biomasa:

http://www.appa.es/04biomasa/04que_es.php

http://nest-sl.com/biomasa-que-es.php

http://geroperez.blogspot.com.es/2009/05/biomasa-residual-seca.html

http://geroperez.blogspot.com.es/2009/05/biomasa-residual-humeda.html

http://www.silvaplus.com/es/cultivos-energeticos-forestales/

Biocombustibles:

http://www.motorpasionfuturo.com/biocombustibles/nociones-basicas-sobre-biocarburantes-bioetanol-y-biodiesel

http://www.biodieselspain.com/que-es-el-biodiesel/#Proceso

http://www.capitaldelabiodiversidad.es/2012/02/energias-renovables-definicion-y.html

http://curiosidades.batanga.com/4505/que-es-el-biogas

http://vidaverde.about.com/od/Energias-renovables/tp/Tipos-De-Biodigestores-Y-Sus-Disenos.htm

Estudio de inventariado de bosques:

Cuarto Inventario Forestal Nacional

Estudio socioeconómico:

http://www.cantabria102municipios.com

Edafología y Estudio del medio:

http://www.territoriodecantabria.es/Documentos/Contenidos/NUR/ISA_NUR.pdf

http://www.cartotecaagraria.com/marc2.html

Requerimientos ecológicos de *Eucalyptus spp.*

http://www.gestionforestal.cl/pt_02/plantaciones/txt/ReqEcol/RENIT.htm

http://www.gestionforestal.cl/pt_02/plantaciones/txt/ReqEcol/REGLO.htm

Cuarto Inventario Forestal Nacional