|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Pauta de evaluación** | **Puntos** | **Comentarios** |
| Descripción del tipo de biomasa | 2,0/2,0 |  |
| Estimación de la disponibilidad de biomasa | 2,0/3,0 | Caso optimista: demasiado optimista y un poco utópico.  Hay antecedentes de plantaciones actuales en desarrollo??? Ver proyectos de la U de Concepción |
| Conclusiones | 0,7/1,0 | Solo mencionaron discusiones, faltaron las conclusiones de la tarea |
| Bonus: bibliografías | 0,5/0,5 | Buena bibliografía, bien referenciada |
| **Puntos totales** | 5,2/6,0 + 0,5 |  |
| **Nota** | 6,2 |  |

 Universidad de Chile

Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas

Departamento de Ingeniería Civil Química y Biotecnología

BT4551-1 Energía Renovable a partir de Biomasas

Tarea N°1: Disponibilidad de biomasa en Chile

Indicar el tema específico

Alumnos: Diego González V.

Nicolás Mardones O.

Loreto Martínez B.

Profesores: Francisco Gracia C.

María Elena Lienqueo C.

Oriana Salazar A.

Prof. Aux.: Felipe Diaz A.

Sebastián Juri A.

Fecha entrega: 01/09/2010

Colocar e-mail de contacto

# Introducción

El tipo de biomasa a estudiar en este informe corresponde a plantaciones dendroenergéticas, también conocidas como plantaciones bioenergéticas, las cuales consisten en plantaciones de biomasa forestal con fines energéticos que pueden estar destinados a la producción de biocombustibles, generación de energía térmica y/o eléctrica, es decir no se ocupan con fines alimenticios, de recuperación de suelos ni ningún otro particular. Una plantación forestal consiste en un establecimiento de árboles de una misma especie, con tamaños y diseños específicos, tales que cumplan un objetivo en particular, como proveer una fuente de energía, proteger zonas agrícolas o resolver problemas de erosión en el terreno.

Debido a que la obtención de energía a partir de este tipo de plantaciones es renovable, y en ciertos casos se puede considerar como una alternativa de los combustibles fósiles, la dendroenergía se considera amigable con el medio ambiente. Este tipo de plantaciones es altamente utilizado en países como Estados Unidos, España, Alemania, Brasil, entre otros, e idealmente utilizan plantaciones con especies de árboles de rápido crecimiento, en alta densidad y en periodos de corta rotación, con el fin de obtener la mayor cantidad de biomasa forestal en el menor tiempo posible.

Las plantaciones dendroenergéticas se pueden clasificar en tres categorías, según si se destinan para:

* Combustión Directa (como leña, por ejemplo para generación de energía eléctrica, o calefacción de hogares con el calor producido).
* Producción de aceites modificados (Biodiesel).
* Producción de alcohol etílico hidratado (Bioetanol).

Si bien a nivel mundial la utilización de leña constituye un 10% de la energía primaria y sustenta el 1.3% de la producción de electricidad [1], y a nivel nacional constituye el 16% de la matriz energética al 2006, el enfoque actual de los cultivos energéticos es hacia formas de aprovechamiento de energía más eficientes que la simple combustión directa, la cual emite en nuestro país 350 mil millones de kilos de CO2, entre otras cosas, directamente a la atmósfera anualmente por todo nuestro país.

### Tabla 1- Destino de la leña en Chile

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| SECTOR | CONSUMO [m3/AÑO] | % DEL TOTAL |
| Industria mayor | 244.154 | 2,3 |
| industria del Pan | 95.538 | 0,9 |
| Empresas de Servicios | 212.308 | 2,0 |
| Residencial Rural | 5.021.077 | 47,3 |
| Residencial Urbano | 5.042.308 | 47,5 |
| TOTAL | 10.615.385 | 100,0 |

Fuente: [2]

### Tabla 2 – Estimación anual de contaminantes liberados por combustión de leña en Chile

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Contaminante | PTS | SOx | NOx | COV | CO |
| [kg /año] | 5,86E+10 | 4,00E+09 | 8,81E+09 | 9,88E+09 | 3,51E+11 |

Fuente: [2] y elaboración propia

Los niveles son impresionantes si se toma en cuenta que no está considerada la quema de desechos agrícolas, que es tan común es en el país, ni los incendios forestales producidos por negligencia humana.

La producción de biocombustibles, entendiendo a estos como el bioetanol y el biodiesel, requiere de procesos químicos y/o bioquímicos para el tratamiento de la materia prima y la posterior obtención del producto de interés. Por lo tanto, la materia prima será la que, en gran medida, determinará el proceso a ser utilizado y su eficiencia. Es aquí donde los cultivos energéticos toman importancia para fabricar a los denominados combustibles de “primera generación”, aquellos que compiten con la industria del alimento, en específico con la silvoagricultura. El interés recae en la pureza de los componentes constituyentes de la materia prima, pureza que no podría ser alcanzada en ningún tipo de residuo. Por tanto, la eficiencia de los procesos de obtención de energía a partir de cultivos especialmente desarrollados para este fin aumentaría de manera significativa.

Dentro de las especies de plantas con las cuales se tienen experiencias a nivel internacional son las alicacias [3], a las cuales pertenecen los álamos y sauces, son las de uso y proyección más masivos en Europa. En Chile las investigaciones van por otros cursos, buscando especies de preferencia nativas, que tengan alta densidad energética y que no compitan con los alimentos ni por terreno, agua u otras condiciones. Además se busca utilizar terrenos que no están siendo ocupados, como es el caso de terrenos levemente más áridos y con menor disponibilidad de agua que se encuentran en la zona central y norte de Chile, terrenos en los cuales se considera plantar especies de árboles como el espino, pero aún faltan estudios para determinar si es factible en términos de rendimiento. ¿Que pasa con la investigaciones sobre eucaliptus realizadas por consorcios de la U de Concepción???

También hay que considerar que existen ciertos factores a determinar para realizar una plantación dendroenergética, como es el terreno en el cual se quiere realizar la plantación y la disponibilidad de agua que este tenga [4]. Con respecto al terreno, este puede tener distintas características físicas como la profundidad, estructura, porosidad, drenaje dependiendo de los tipos de suelo (arenoso, pendiente en la que se encuentra, etc.), por lo que se pueden plantar distintos tipos de especies dependiendo de estas características. Con lo anterior se puede definir cierta especie de árbol que crezca bien en esas condiciones, para optimizar el uso de la calidad del suelo y la disponibilidad de agua, pero también hay que considerar el clima y las condiciones ambientales en las que se encuentra el terreno, debido a que, aunque el terreno sea el óptimo para el crecimiento de cierta especie de árbol, si el clima no es el adecuado no se tendrá un crecimiento óptimo de este. Además hay que considerar la capacidad energética del tipo de plantación que se quiere llevar a cabo y los intervalos de tiempo que se utilizaran en los ciclos de rotación de la plantación, ya que se busca obtener la mayor cantidad de energía en el menor periodo de tiempo posible. A la vez, hay que considerar la densidad de plantación, debido a que cada especie de árbol tiene un crecimiento óptimo específico. En relación al número de árboles plantados por hectárea, si la densidad de plantación es muy baja, se tendrá muy baja eficiencia con respecto a la obtención de biomasa, pero si la densidad es muy alta, los árboles no recibirán la luz suficiente que requieren para un crecimiento óptimo, por lo que los árboles se ensancharán menos que si estos tuvieran espacio suficiente para crecer y captar luz, con lo que se obtiene menos biomasa por árbol plantado.

# Estimación del recurso

Se analizará esta estimación desde 2 puntos de vista: uno optimista y otro más realista.

## Estimación 1: escenario optimista Demasiado optimista y casi lrreal

Chile posee una superficie total de suelo de 75.541 millones de hectáreas, según un catastro de los recursos vegetacionales nativos de Chile hecho por la CONAF-CONAMA-BIRF [5]. De este catastro se pudo obtener una estimación tentativa de la disponibilidad de suelo en Chile. Los resultados se muestran en el Anexo, gráfico N°1.

Se puede observar que las áreas con mayor potencial, para poder hacer alguna plantación dendroenergética, son las del tipo “Praderas y Matorrales” y “Áreas desprovistas de Vegetación”. Las áreas de “Bosques”, “Humedales”, “Nieve, Glaciares y áreas no reconocidas” no presentan un buen potencial para la plantación por 2 razones: no presentan las condiciones climáticas necesarias para este efecto (Nieves y Glaciares) y están inmersas en su propio ecosistema, por lo que perturbarlo significaría una perdida más que una ganancia (especialmente por la gran diversidad de especies de flora y fauna que se perdería en el proceso).

Ahora bien, la cantidad de hectáreas potenciales para la explotación exclusiva del recurso energético en “Praderas y Matorrales” son pocas. Según el INFOR, en el norte del país se observa una gran cantidad de matorrales y praderas, pero debido a su relación casi directa con la agricultura, no es posible explotar la totalidad del recurso, por lo que se estima una cantidad de 2 millones de hectáreas que pueden ser ocupadas.

Por otro lado, el desierto esta incluido dentro de “Áreas desprovistas de vegetación”, donde sus condiciones extremas (altas temperaturas en el día y bajas por la noche) y la escasez de agua no permiten el desarrollo de cualquier tipo de flora en el sector. Para estimar la cantidad de suelo disponible en este sector se ocuparán sitios cercanos a distintas ciudades para poder amortiguar, en parte, la falta del recurso hidrológico. Considerando las ciudades más importantes (Arica, Iquique, Antofagasta, Calama, Tocopilla, Copiapó) y un radio de 20 [km] a la redonda de cada ciudad se puede estimar una cantidad de suelo disponible de 753.982 hectáreas. En el Anexo se presentan gráficamente las hectáreas a ocupar en la ciudad de Calama según el criterio anterior.

Con todo lo anterior se desprende que tenemos 2.754 millones de hectáreas potencialmente disponibles para el cultivo dendroenergético.

Suponiendo plantaciones de 1.000 árboles por hectárea [6] (las plantaciones promedio, según el tipo de árbol, se encuentran entre 1.000 y 1.350) y una masa por árbol de aproximadamente 4.355 [kg] (con una densidad de la madera secada al aire de 0,48 [g/cm3] [7], altura de 20 [m] y un radio de 38 [cm]), se tendrá una cantidad de 2.754 millones de árboles y una masa de 11.993 Billones de [Kg] disponible.

Sabiendo, desde una estimación general, que de cada 3 [kg] de madera se produce 1 [lt] de combustible [8], se puede concluir que si se plantan 2.754 millones de hectáreas de cultivos energéticos se pueden obtener aproximadamente 3.997 Billones de [lt] de combustible. Sin embargo la real productividad puede ser mucho más baja, ya que no se han tomado en cuenta factores como, por ejemplo, las pérdidas de material al momento de podar los árboles, además la estimación fue hecha suponiendo que se ocuparía la totalidad del árbol para la producción de combustible.

## Estimación 2: escenario realista

A pesar de la gran cantidad de terreno, no todo está apto para poder efectuar plantaciones, es más, existen alrededor de 3 millones de hectáreas de suelo que podrían estar plantados hoy en Chile y no lo están. De esta cantidad, más de 1 millón de hectáreas podrían ser usadas para las plantaciones dendroenergéticas [3], según René Carmona y Carlos Sierra, académico de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Chile y Gerente general de GreenWood Resources Chile (GWR) respectivamente. A su vez es necesario buscar el mejor tipo de plantación que responda a las limitaciones del terreno que se encuentre disponible. Para esto se puede hablar de plantaciones de Pinos, Álamos y Sauces, ya que tienen la particularidad de sobrevivir en ambientes más extremos y no son aptos para la producción agrícola como alimento.

Gracias a este estudio se puede hacer una estimación del recurso potencial para la producción de biocombustible.

Al igual que en la estimación anterior se sabe que, dependiendo del tipo de árbol, es óptimo tener un cultivo de aproximadamente 1.000 árboles por hectárea, con una masa por árbol de 4.355 [kg]. Haciendo los mismos cálculos anteriores se puede ver que se pueden plantar 1.000 millones de árboles, con lo que se obtendría una masa total de 4.355 billones de [kg] de biomasa, es decir, se podrían obtener 1.451 billones de [lt] de combustible, 2,7 veces menor al escenario anterior.

Como el caso anterior, este valor puede ser modificado, ya que al ser un sistema de generación energética relativamente nuevo, se han dejado de lado ciertos factores que podrían influir en la cantidad de masa potencialmente útil.

# Discusiones y Conclusiones

Chile tiene la disponibilidad teórica de terrenos para poder establecer un negocio en torno a la producción de energía a partir de cultivos cuyo único fin sea el energético, pero al pensar en la distribución de estas hectáreas a nivel nacional el problema pasa a ser algo más que logístico. Si bien existen terrenos disponibles, no todos cuentan con las condiciones óptimas para poder mantener un nivel de biomasa en buenas condiciones. La variedad de climas en Chile hace que la unificación de un solo tipo de árbol o planta para cultivo energético sea difícil. A la vez, se tiene que tener en cuenta que estos terrenos también poseen la potencialidad de expansión por parte de la agricultura y, debido a la baja disponibilidad de terrenos con las condiciones para desarrollar actividad agrícola, surge la necesidad de acotar los terrenos para cultivos dendroenergéticos y mirar hacia el norte del país, donde existe menor disponibilidad de agua y los terrenos son más áridos. Hecho esto, se acotan también las especies de árboles y plantas que serían capaces de soportar estas condiciones más extremas. He aquí uno de los principales desafíos: encontrar un tipo de cultivo que sea apropiado a las condiciones del norte de nuestro país y que a la vez satisfaga el rendimiento energético necesario para la auto-sustentabilidad del proyecto. En este sentido, la biotecnología puede hacer grandes aportes.

Por otro lado si se tienen en cuenta los terrenos que hoy son ocupados para la producción de leña, producción que no se hace de manera sustentable en todos los lugares, pero que igual se considera como cultivos dendroenergéticos, surge el interés por redireccionar estos recursos hacia formas más eficientes de aprovechamiento de la energía, como la generación de biocombustibles (bioetanol o biodiesel). Para ello es fundamental la implementación de proyectos a niveles regionales que se adapten a las necesidades de los ciudadanos en el sentido de desincentivar el uso de leña a favor de destinar esa biomasa a procesos de producción de biocombustibles. Incentivos y acciones comprometidas de los gobiernos de turno deberían promover el nacimiento de estos nuevos tipos de negocios.

En síntesis, el aprovechamiento de la biomasa de cultivos dendroenergéticos aún necesita de un desarrollo conceptual en el país. Una de las alternativas es el incentivo de iniciativas distintas para el aprovechamiento de la biomasa en cada región, ya sea encontrando una combinación de suelo/cultivo apropiada en el norte como el redireccionamiento de la leña en el sur.

# Referencias

1. Comisión Nacional de Energía. “Política Energética, Nuevos Lineamientos: transformando la crisis energética en una oportunidad” [en línea] <http://www.cne.cl/cnewww/export/sites/default/12\_Utiles/banners/politica\_energetica.pdf> [consulta: 26 Agosto 2010].
2. Departamento de ingeniería geográfica, Universidad de Santiago de Chile. “Determinación de la importancia del consumo de leña por el sector industrial de la décima región y sus implicancias ambientales” [en línea] <<http://www.digeo.cl/doc/Ponce%20Osorio,%20Mariana.pdf>> [consulta: 26 Agosto 2010].
3. Diario La Nación. “Energía a nuestros pies” [en línea] <<http://www.lanacion.cl/noticias/site/artic/20091110/pags/20091110191406.html>> [consulta: 26 Agosto 2010].
4. El Semillero. “Plantación Forestal: Planeación para el éxito” [en línea] <<http://www.elsemillero.net/pdf/plantaciones_forestales.pdf>> [consulta: 26 Agosto 2010].
5. Instituto Forestal. “Superficie Nacional por tipo de uso de suelo, según región (ha)” [en línea] <http://www.infor.cl/es/series-y-estadisticas/110-recurso/349-superficie-nacional-por-tipo-de-uso-del-suelo-segun-region.html> [consulta: 26 Agosto 2010].
6. Centro de Recursos Telemáticos al servicio del sector agrario. “4. Método de Repoblación” [en línea] <http://www.agrobyte.com/agrobyte/publicaciones/pino/4metodos.html> [consulta: 26 Agosto 2010].
7. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. “Pino Radiata” [en línea] <http://www.unalmed.edu.co/~lpforest/PDF/Pino%20radiata.pdf> > [consulta: 26 Agosto 2010].
8. García Mora, A. Energía de biomasa y su disponibilidad. En: Charla “Disponibilidad de biomasa en Chile”, 2010, Facultad Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile

# Anexo

### Gráfico N°1: Total de suelo en Chile (en millones de hectáreas)

### Figura 1 – Hectáreas potenciales a ocupar en el alrededor de la ciudad de Calama

