

**Aprovechamiento Energético en Campamento Militar
de Monte la Reina en el T.M. de Toro (Zamora)**

Biomasa – Geotermia – Solar FV

SUSANA LAGÜELA LÓPEZ
GRUPO DE INVESTIGACIÓN TIDOP

Departamento de Ingeniería Cartográfica y del
Terreno UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

Escuela Politécnica Superior de Ávila - 05003
C/ Hornos Caleros 50

tidop@usal.es

ÍNDICE

Estudio del potencial energético mediante biomasa del Campamento Militar de Monte la Reina en el T.M de Toro (Zamora).....	3
Introducción:	3
Objetivo:	3
Fuentes de datos oficiales usadas:	3
Resultados	6
Estudio de las existencias actuales:.....	6
Análisis de potencial de biomasa:	7
Conclusiones.....	10
Referencias:	10
Estudio del potencial geotérmico somero en Monte La Reina (Zamora, España)	11
Entorno geológico:	11
Entorno hidrogeológico:.....	12
Posibilidades de extracción energética:	12
Referencias:	13
Estudio del recurso Fotovoltaico en Monte La Reina (Zamora, España).....	14
Análisis de la parcela	14
Vegetación.....	14
Zonas de instalación	17
Análisis del potencial fotovoltaico.....	18
Zona piloto.....	18

Estudio del potencial energético mediante biomasa del Campamento Militar de Monte la Reina en el T.M de Toro (Zamora)

Introducción:

La biomasa forestal incluye productos orgánicos o residuos derivados directamente de árboles u otra vegetación forestal vivos o recientemente muertos. El uso de la biomasa como materia prima renovable en sustitución de los combustibles fósiles es una medida efectiva para frenar el aumento de los gases de efecto invernadero en la atmósfera. Una de las ventajas que presenta la biomasa forestal frente a otras energías renovables como son la solar y la eólica es la posibilidad de ser almacenada y planificar su producción y aprovechamiento. Esta energía se considera neutra en emisiones de gases de efecto invernadero ya que las emisiones liberadas en la combustión de biomasa fueron fijadas con antelación mediante la función de sumideros de carbono que desempeñan estos combustibles vegetales vivos. Desde un punto de vista social, los trabajos derivados de su aprovechamiento fijan población y crean riqueza en zonas rurales.

Objetivo:

Se pretende, mediante las fuentes de datos nacionales oficiales en cuanto a inventarios del patrimonio natural y biodiversidad para hacer un cómputo de la cantidad y el potencial de biomasa que puede ofrecer el área delimitada por el Campamento Militar de Monte la Reina

Las existencias de la biomasa aéreas se obtendrán partiendo de la información recogida en los Inventarios Forestales Nacionales (4ºIFN). Estos inventarios aportan información del stock de biomasa viva por hectárea (medido en volumen maderable por hectárea - m³/ha), en el año en que se realiza el IFN en cada provincia, en el caso de Zamora los trabajos del 4º IFN se desarrollaron durante el año 2019.

Por otra parte, se propone realizar un estudio del potencial de biomasa para la zona suponiendo una plantación forestal, para evaluar el rendimiento de la superficie estudiada.

Fuentes de datos oficiales usadas:

Para la estimación de la biomasa forestal se ha hecho uso de fuentes de datos nacionales oficiales en cuanto a inventarios del patrimonio natural y biodiversidad, entre ellas:

- **Mapa Forestal Español (MFE)** del año 2015 -> Escala 1:50.000. A partir de esta cartografía se determinan y define espacialmente las especies forestales y su superficie.
- **Inventario Forestal Nacional:** tanto el segundo (IFN4, 1986-1995) llevado a cabo por el instituto nacional de conservación de la naturaleza (ICONA) del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación; como el tercero (IFN4, 1997-2006) elaborado por la Dirección General para la Biodiversidad del Ministerio de Medio Ambiente.
- **Informe 2018 sobre el estado del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad de España (MITECO):**https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/inventarios-nacionales/inventario-espanol-patrimonio-natural-biodiv/informe-anual/informe_2018_iepn.html
- **Factores de expansión de biomasa validados internacionalmente en la acción COST-E21,** Centro de investigación ecológica y aplicaciones forestales (CREAF)
- **Mapa de cultivos y aprovechamientos**

El **MFE** es la cartografía básica forestal a nivel estatal, base del IFN, que recoge la distribución, tendencias y evolución de los ecosistemas forestales españoles. Constituye una herramienta muy valiosa tanto para el sector forestal como para una amplia variedad de usuarios al servicio de múltiples campos como incendios forestales, cambio climático, usos de suelo y ordenación del territorio, entre otros. Se trata de un proyecto continuo que recorre cada 10 años la geografía española evaluando el estado y tendencias de los ecosistemas forestales con una metodología de trabajo basada en la fotointerpretación sobre ortofoto de alta resolución con comprobaciones de campo. Con una periodicidad menor, se realiza un estudio de los cambios rápidos, principalmente antrópicos, denominado “Foto Fija del MFE”, a una fecha de referencia, para obtener una visión de los cambios ocurridos en España por pérdidas de vegetación (incendios, cortas, deforestaciones) o por ganancias de vegetación (forestaciones PAC, repoblaciones, evolución post incendios, evoluciones posts cortas).

El **IFN** es el proyecto que proporciona información a nivel nacional sobre los bosques y su evolución (tomando como unidad de observación territorial la provincia), tanto desde un punto de vista dasonómico como ecológico. Este proyecto tras más de cuarenta y cinco años ha completado tres ciclos enteros estando inmerso en la actualidad, en su cuarto ciclo (IFN4) que comenzó en 2008. Tiene una periodicidad de 10 años.

Entre sus objetivos, busca suministrar información estadística homogénea y adecuada sobre el estado y evolución de los montes españoles, clasificando la superficie por usos, formaciones vegetales y especies dominantes, así como cuantificando las existencias mediante cantidad de pies mayores, área basimétrica y volumen maderable, y estimar la cuantía del carbono absorbido de la atmósfera y fijado en los distintos componentes de los ecosistemas forestales entre otros.

Su base de datos se agrupa en:

- Datos de campo: datos tomados en el levantamiento clásico de los datos de campo. Consta de 13 tablas.
 1. Listado definitivo: Listado definitivo de parcelas de campo a apearse en el IFN4/3. Los valores de los campos proceden de gabinete y del MFE. Tabla previa a los trabajos de campo. A esta tabla le falta un campo (H.10.000), después de INDE con la información de la ortofoto que contiene a la parcela.
 2. PCDatosMap: Tabla referente a los datos de las parcelas de campo. Tabla previa a los trabajos de campo con información de gabinete y del MFE
 3. PCDetTabla: Similar para cada provincia excepto nombre capataces, técnicos, términos municipales y provincias.
 4. PCEspMapa: Tabla confeccionada con información MFE previa a los trabajos de campo. Tabla que detalla la posición, especie, ocupación y estado de masa de las tres especies arbóreas principales presentes en la tesela a la que pertenece la parcela, según el MFE.
 5. PCEspParc: Tabla derivada del apeo de las parcelas de campo. Tabla en la que se resumen los datos de ocupación, estado de masa, origen y tipo de tratamiento de las tres especies principales presentes en las parcelas de campo. Esta tabla procede del apeo de las parcelas de campo.
 6. PCMatorral: Tabla de campo. Principales especies de matorral encontrados en las parcelas de campo, con su fracción de cabida cubierta y altura media.
 7. PCMayores: Tabla de campo. Características dendrométricas de los pies mayores medidos en las parcelas de campo en el IFN4/3.

8. PCMayores2: Características dendrométricas de los pies mayores medidos en las parcelas de campo en el IFN4.
 9. PCNueEsp: Tabla de campo. Listado de especies presentes por parcela según lo observado por el capataz responsable del apeo de la misma.
 10. PCParcelas: Resumen de la información tomada en cada parcela de campo (usos de suelo, tratamientos del suelo y del suelo, tipo de suelo...)
 11. PCPartes
 12. PCRegenera: Tabla derivada del apeo de la parcela. Pies de regeneración por categoría de desarrollo, nº y altura media de los de categoría 4 y densidad de los de categoría inferior a 4.
 13. PCTablaEsp: Tabla de gabinete previa a los trabajos de campo. Parámetros límite por especie y para esta provincia, aportados por la Dirección General para la Biodiversidad. Si algún pie supera alguno de los valores de esta tabla, el registrador electrónico obliga al jefe de equipo a repetir la medición, con lo que se evitan bastantes errores groseros en las mediciones.
- Datos Sig: datos generados en los procesos intermedios del IFN para cada uno de los árboles que entran en la parcela (área basimétrica, volumen con corteza y sin corteza, crecimiento anual y volumen de leñas), su extensión, la distribución de las parcelas en los diferentes estratos y los valores por estratos, todo ello por clase diamétrica y especie. Todos estos valores previos al cálculo definitivo del inventario aportan información útil para muchas aplicaciones forestales. Consta de 10 tablas.
1. CambioEspecie: Grupo de especies para elaborar las tablas de existencias.
 2. CambioEspecieReg: Agrupación de las especies para los gráficos de regeneración.
 3. EspDominante: Códigos para identificar la especie dominante en la tabla de Estratos.
 4. **Estratos_exs**: Existencias por estrato. Datos dendrométricos procesados por estrato. Especie, VCC
 5. Mayores_exs: Datos de existencias procesadas por pie. Especie, VCC.
 6. Parcelas_exs: Datos de existencias procesados por parcela. Especie, VCC.
 7. Parcpoly: Parcelas de la provincia, tesela y estrato al que pertenecen y fisiografía de las mismas.
 8. **Poligon**: Teselas de la provincia, estrato al que pertenecen, superficie, nivel de clasificación del suelo, especies principales con su ocupación y Fcc. Especie, Ocupación, Estado y Fcc.
 9. Tarifas IFN4: Ecuaciones de la tabla 401 utilizadas en el proceso de datos

Su metodología pasa por una toma de datos, procesado y difusión. En cuanto a la toma de datos, hace uso de la Red Natura 2000, Espacios Naturales Protegidos y Propiedades Forestales del MAGRAMA + datos obtenidos en campo.

Los datos de campo se basan en la selección de una muestra de parcelas, establecidas sobre los nodos de la cuadrícula UTM de 1km de lado siempre que el punto esté sobre un terreno considerado forestal arbolado. La intensidad de muestreo no es igual para todos los casos y de ello depende por tanto la selección de más o menos parcelas. Las parcelas son siempre las mismas, es decir, en el terreno se marcan mediante un rejón metálico que permanece enterrado en el centro de la parcela y que con la periodicidad establecida se vuelven a localizar y así medir los mismos árboles que en otro ciclo fueron medidos, junto con los que se pudieran haber incorporado a la población, haciendo posible la comparación a nivel de árbol y de masa

* Para más información de la toma de datos seguida para la conformación del IFN consultar este enlace: <http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/inventariosnacionales/inventario-forestal-nacional/default.aspx>

El proceso de datos tiene una doble vertiente, por un lado, el proceso cartográfico en el que gracias al MFE se extraen los valores de superficies, tipos de bosque, etc. y por otro el alfanumérico proveniente de campo para cada una de las muestras seleccionadas (valores modulares dasométricos, número de pie, volumen con corteza volumen sin corteza, incremento anual del volumen con corteza, volumen de leñas y área basimétrica). También para las parcelas seleccionadas en campo, se miden o anotan los valores de estructura horizontal y vertical de las masas, edad de los árboles, árboles añosos, madera muerta acumulada, árboles huecos, efecto del ramoneo y presencia de especies en peligro o invasoras.

La síntesis en estratos consiste en agrupar las teselas del MFE según características de masa homogéneas, de tal manera que resulte una superficie continua o no, pero con parámetros comparables. Dentro de estas características están las especies forestales que pueblan la zona, su proporción, su estado de madurez y la proyección que las copas tienen sobre el suelo. Finalmente, para cada estrato, se conocerán las especies que lo pueblan, su número, proporción, la distribución diamétrica de los árboles y el volumen de carbono acumulado en su parte aérea y radical.

El IFN nos ofrece tablas de A. Dasometría (con superficies por usos y superficies forestales) (biomasa arbórea por especie y estrato, dendrometría, ecología forestal), (Datos de existencias para todas las especies por estrato), (Resultados de los distintos grupos IFN4)

Resultados

Estudio de las existencias actuales:

Los resultados obtenidos para la parcela objeto son los siguientes:

La zona de estudio pertenece al polígono 20000077 del Mapa Forestal Español, presenta una superficie arbórea de 35.69 has. La masa vegetal se corresponde con un **arbolado artificial disperso con una fracción de cabida cubierta arbórea del 35%** y un 45% de vegetación herbácea y un estrato arbustivo formado por orlas dispersas de espinares mesófilos mixtos y afines dominados por el género Rosaceae.

La formación arbolada se describe como un **bosque mixto de frondosas autóctonas** de la región biogeográfica mediterránea con una distribución irregular. Está formada por *Populus nigra*, *Quercus ilex* y *Pinus pinea* de acuerdo con la siguiente tabla:

Especie	% de ocupación en la formación	Estado de desarrollo
<i>Populus nigra</i>	60%	Fustal
<i>Quercus ilex</i>	30%	Fustal
<i>Pinus pinea</i>	10%	Latizal

Tabla 1. Situación actual de la masa forestal de la finca Monte la Reina.

Para la estimación de los datos de biomasa aérea de la masa vegetal se han utilizado los valores medios de las 10 parcelas del 4º inventario forestal nacional más cercanas a la zona de estudio y en las cuales se ha encontrado representatividad de todas las especies que aparecen en la finca. Los resultados medios obtenidos se han ponderado en función de la fracción de cabida cubierta (Fcc) por

hectárea, ya que la mayoría de las parcelas cercanas presentan porcentajes de cubierta vegetal muy superiores a los hallados en la zona objeto.

Parcela	CoorX (m)	CoorY (m)	Npies (n/ha)	% <i>Populus nigra</i>	% <i>Quercus ilex</i>	% <i>Pinus pinea</i>	Fcc Arborea (%)	Área basimétrica (m ² /ha)	BiomasaAérea (t/ha)
843	290906	4600814	151.23	0%	62%	38%	70%	13.78	82.74
844	291890	4600793	70.74	0%	100%	0%	65%	5.52	35.11
850	289834	4599815	82.90	0%	100%	0%	50%	2.98	16.83
853	292890	4599793	141.47	0%	0%	100%	65%	11.20	43.82
857	291872	4598795	744.28	0%	14%	86%	65%	13.38	70.14
858	292891	4598831	774.55	0%	37%	63%	75%	24.65	91.27
859	293890	4598793	173.30	0%	0%	100%	75%	9.27	33.86
909	287884	4595818	459.78	0%	100%	0%	35%	9.37	43.25
921	289890	4595843	339.11	0%	100%	0%	55%	8.96	58.42
2177	292890	4596793	321.99	60%	0%	0%	70%	30.88	163.92
			325.94				62.50%	13.00	63.94

Tabla 2. Parcelas del 4º IFN usadas en la estimación de los valores medios de existencias en la finca Monte la Reina.

De esta manera los resultados obtenidos para la finca objeto son los siguientes:

Npies (n/ha)	% <i>Populus nigra</i>	% <i>Quercus ilex</i>	% <i>Pinus pinea</i>	Fracción de cabida cubierta Arborea (%)	Área basimétrica (m ² /ha)	BiomasaAérea (t/ha)
182.52	60%	30%	10%	35%	7.28	35.8

Tabla 3. Existencias estimadas en la finca Monte la Reina.

Como la fracción de cabida cubierta en nuestra superficie arbolada es del 35% frente a la 62.5% de las parcelas del 4ºIFN estimamos que la biomasa aérea en la finca Monte la Reina es de **35,8 toneladas/ha**.

Del total de la parcela 41,48 hectáreas, **35 has están arboladas** por lo que los cálculos de biomasa son de **1253.2 toneladas en total**.

Teniendo en cuenta que actualmente el **precio de la biomasa en pie montes mixtos** se puede cifrar como media en **24€/tonelada** podemos estimar que el aprovechamiento de la biomasa actual podría aportar **una retribución media actual de 30.072,00€**

Análisis de potencial de biomasa:

Puesto nos encontramos en una zona cercana a la ribera del Duero, se propone la utilización de especies de crecimiento rápido.

La rentabilidad de las plantaciones forestales es muy irregular en cuanto a rentabilidad puesto que dependen de la calidad del suelo, de los cuidados culturales, la disponibilidad de agua y la duración del turno siendo las dos últimas poco predecibles ya que pueden ocurrir variaciones del nivel freático, o daños abióticos que interfieran en la planificación inicial.

En este contexto, cuando el objetivo es realizar plantaciones de crecimiento rápido podemos considerar 2 opciones:

1) Producción de biomasa con plantaciones de alta densidad y turno corto (<10 años)

Consideraciones para tener en cuenta:

- Estas plantaciones crean una rápida colonización de toda la superficie, debido a la alta densidad (>5000 pies/ha) por lo que para que tengan un crecimiento saludable y rentable necesitan aporte de riego y fertilizantes.

2) Producción de madera para desarrollo con plantaciones con densidades medias y turno algo más largos (12-20 años)

Consideraciones para tener en cuenta:

- Estas repoblaciones productoras tienen un marco de plantación entre 278-400 pies/ha por lo que los árboles de manera individual tienen una densidad suficiente para mantener un crecimiento rentable con los recursos del terreno sin riego ni fertilizantes.

Dado que en la finca objeto no se dispone de riego y se busca una rentabilidad de los terrenos que sea sostenible con el medio ambiente, se descarta la producción de biomasa con plantaciones de turno muy corto.

Así a continuación se desarrolla una **propuesta de plantación de *Populus* sp. para el aprovechamiento del fuste:**

Propuesta de Aprovechamiento maderero de fuste:

Dada la ubicación y características de la finca en cuestión, la propuesta de plantación tendría un **marco de plantación de 6x6m (278 pies/ha)**, sin necesidad de apoyo con riego ni fertilización. El **turno** de aprovechamiento sería de **17 años**. Con este escenario se supone una **producción** optimista de madera media anual de **23m³/ha/año**, con un valor estimado de **48,90€/m³**.

Así se estima una producción anual total para la finca de 940 m³ de madera y año, lo que supone una retribución de 45.966,00€ brutos anuales siendo un total de 781.422,00€ al final del turno.

Crecimiento medio anual (m ³ /ha/año)	Valor promedio estimado (€/m ³)	€/ha	Superficie de producción (ha)	Turno de corta (años)	Valor total de fin del turno (€)
23,5	48,9	1149,15	40,00	17	781.422,00

Tabla 4. Estimación del valor económico de la producción de madera en la finca Monte la Reina.

Este rendimiento económico sería bruto, al cual habría que descontar los costes de plantación y cuidados culturales.

Aunque los costes derivados dependen de muchos factores, se estiman en 498,70€/ha/año y se desglosan a continuación:

Año	Actuación	€/ha	Superficie de producción (ha)	Coste total (40 has)
0	Preparación del terreno	214,56	40	8.582,40
0	Replanteo y plantación (2-3m profundidad) 278 pies/ha	4.058,80	40	162.352,00
0	Gradeo postplantación de nivelación	119,23	40	4.769,20
1	Gradeo	119,23	40	4.769,20
1	Poda guía	45,60	40	1.824,00
Año	Actuación	€/ha	Superficie de producción (ha)	Coste total (40 has)
2	Gradeo	119,23	40	4.769,20
2	Poda guía	45,60	40	1.824,00
3	Gradeo	119,23	40	4.769,20
3	Poda limpieza	242,00	40	9.680,00
4	Gradeo	119,23	40	4.769,20
4	Poda limpieza	329,90	40	13.196,00
5	Gradeo	119,23	40	4.769,20
5	Poda limpieza	465,10	40	18.604,00
6	Gradeo	119,23	40	4.769,20
6	Poda limpieza	465,10	40	18.604,00
7	Gradeo	119,23	40	4.769,20
7	Poda limpieza	465,10	40	18.604,00
8	Gradeo	119,23	40	4.769,20
9	Gradeo	119,23	40	4.769,20
10	Gradeo	119,23	40	4.769,20
11	Gradeo	119,23	40	4.769,20
12	Gradeo	119,23	40	4.769,20
13	Gradeo	119,23	40	4.769,20
14	Gradeo	119,23	40	4.769,20
15	Gradeo	119,23	40	4.769,20
16	Gradeo	119,23	40	4.769,20
17	Gradeo	119,23	40	4.769,20
Suma total final del turno:				339.116,00

Tabla 5. Estimación de los costes de producción de madera en la finca Monte la Reina.

De esta manera la **rentabilidad** estimada para esta alternativa siempre y cuando se aproveche en su turno optimo podría situarse en torno a los **26.018,00€/año**.

Especie	Marco de plantación	Duración del turno	Superficie de plantación	Costes	Valor bruto	Rentabilidad total	Rentabilidad anual promedia
<i>Populus sp.</i>	6x6m (278pies/ha)	17 años	40 has	339.116,00€	781.422,00€	442.306,00€	26.018,00€

Tabla 6. Tabla resumen de la rentabilidad económica de la producción de madera en la finca Monte la Reina.

Conclusiones

La principal especie es en la finca Monte la Reina, dada su cercanía al río Duero es el *Populus nigra*, una especie de ribera. Actualmente la finca presenta una masa dispersa y poco rentable desde el punto de vista económico, sin embargo, dada su ubicación, su potencial de aprovechamiento de biomasa es prometedor y podría ser aprovechado de manera responsable y sostenible para contribuir a la producción de recursos renovables y a la mejora de la gestión forestal en el futuro. De esta manera **se propone un cultivo de *Populus sp.* para la producción de madera con una rentabilidad media que ronda los 650,45€ por hectárea y año**, aunque esto depende de muchos factores.

Referencias:

https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/estadisticas/forestal_anuarios_todos.aspx

https://www.ine.es/ss/Satellite?L=es_ES&c=TFichaHistorica_C&cid=1259930806024&p=1254735038414&pagename=IOEhist%2FIOEhistLayout¶m1=normal

https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei/es-2020-nir_tcm30-508122.pdf

https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/politica-forestal/inventario-cartografia/inventario-forestal-nacional/index_segundo_inventario.aspx

<https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/IFN4.aspx>

https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/cartografia_informacion_disp.aspx

<http://www.populuscyl.es/webs-publicaciones>

<https://datos.pfcyl.es/indices/bioeconom%C3%ADa/precios/16#:~:text=48%2C9%20%E2%82%AC%2Fmetro%20c%C3%BAbico,pie%20en%20Castilla%20y%20Le%C3%B3n.>

GRUPO TRAGSA. (2021). Tarifas forestales de TRAGSA. Disponible en: <http://tarifas.tragsa.es/>

Junta de Castilla y León. (2019). Requerimientos técnicos para la realización de trabajos de forestación de tierras agrícolas (2014-2020). Junta de Castilla y León, Consejería de Fomento y Medio Ambiente.

SERRADA, R. 2000. Apuntes de Repoblaciones Forestales. FUCOVASA. Madrid.