

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  
INSTITUTO DE INGENIERÍA ENERGÉTICA

---

**Metodología para la Optimización del  
Aprovechamiento Energético de los  
Recursos de Biomasa. Aplicación a la  
Comunidad Valenciana**

TESIS DOCTORAL

PROGRAMA DE DOCTORADO EN INGENIERÍA Y PRODUCCIÓN  
INDUSTRIAL

**Autor:** David Alfonso Solar

**Director:** Dr. Ángel Pérez-Navarro Gómez

Valencia, junio de 2013



*Dedicado a mi esposa Elena y a mi hija  
Marta.*



## AGRADECIMIENTOS

---

A mi tutor D. Ángel Pérez-Navarro Gómez por su disponibilidad, perseverancia y firme guía que ha sido fundamental para hacer posible esta tesis.

A mis compañeros del Instituto de Ingeniería Energética como Elisa, Carlos, Carolina, Rafa, Natalia, Manolo, Guillermo, Fernando, Rogelio y Nuria por el apoyo prestado diariamente, tanto a nivel profesional como personal, y sus aportaciones directas para la realización de esta tesis.

A mi esposa y a mi hija por su paciencia, flexibilidad y, sobretodo, amor incondicional día tras día.

A mis padres Jose Luís y Francisca, a mi hermana María Luisa, mis sobrinos, mis suegros y mis cuñados y cuñada, todos ellos me han prestado su apoyo y afecto cuando lo he necesitado.

A mis amigos y compañeros de carrera Daniel, Eva, Miguel, Pedro, David, Juan Manuel, Lino, Juanjo, Rafa y Carmen, con ellos he compartido una etapa importante y feliz de mi vida.

A todos los que me ayudaron y no cito aquí, o no fui consciente en su momento de la ayuda prestada.

Gracias



## RESUMEN

---

La masiva implementación de recursos energéticos distribuidos y renovables es la tendencia actual para incrementar la eficiencia, sostenibilidad y fiabilidad del suministro energético y la independencia de fuentes externas.

La biomasa es un recurso renovable, distribuido y abundante en España, aunque en la actualidad su uso con fines energéticos es muy limitado y poco competitivo frente a otras fuentes de energía renovable. La implementación masiva de aplicaciones de biomasa para generación de calor, electricidad y/o cogeneración requiere optimizar técnica, económica y ambientalmente su proceso de aprovechamiento.

El objetivo principal de la tesis es definir una metodología de optimización del aprovechamiento energético de la biomasa en un ámbito geográfico determinado y aplicarla a la Comunidad Valenciana. Para ello, en primer lugar, se ha revisado el estado del arte de la biomasa como recurso energético y de metodologías anteriores que resolvían aspectos parciales del estudio de viabilidad de aprovechamiento energético de la biomasa.

En segundo lugar se ha desarrollado una metodología, estructurada en distintos módulos, que evalúa los recursos de biomasa, cuantifica y optimiza las distancias y costes de transporte, los potenciales consumidores y caracteriza las tecnologías de aprovechamiento. Todos los módulos confluyen en un módulo de optimización y evaluación de escenarios que permite comparar distintas alternativas energéticas desde un punto de vista económico y ambiental.

La metodología se ha aplicado a la Comunidad Valenciana y se ha estudiado la viabilidad de distintas aplicaciones bioenergéticas para cada comarca de la misma. El potencial energético de la biomasa residual, principalmente, agrícola y forestal asciende a casi un millón de toneladas y equivale a 260.000 toneladas equivalentes de petróleo. En la mayoría de los casos el contenido en ceniza es bajo y permite tanto aplicaciones de generación de electricidad ó cogeneración, como producción de pellets para calderas. En función de la tecnología, la potencia eléctrica instalable sería entre 85 y 145 MW, lo que equivale al 1 – 1,5% de la potencia eléctrica total instalada en la Comunidad Valenciana, y es 15 veces más que la potencia con biomasa que había instalada en 2011 (8,9 MW según datos de AVEN, Agencia Valenciana de la Energía). La viabilidad económica de las planta de biomasa fue aceptable en la mayoría de los casos, con periodos de retorno del capital inferiores a los 10 años, especialmente en plantas de cogeneración y plantas de producción de pellets. Dicha viabilidad económica es debida, en gran medida, a la estructura logística con transporte subcontratado y previa compactación (que se mostró como la mejor alternativa en cualquier caso), y al hecho de que las plantas tenían un tamaño razonable con cantidades de biomasa gestionada en el rango 10.000 – 80.000 t/año.

El balance de emisiones de CO<sub>2</sub> fue favorable en todos los casos siendo, de nuevo, la producción de pellets y la cogeneración las aplicaciones con mejor balance, ya que el ahorro de emisiones fue entre 3 y 5 veces mayor que el correspondiente a plantas de generación de electricidad. La estructura logística óptima a nivel económico fue también la que proporcionó menores emisiones asociadas al transporte.



## ABSTRACT

---

The massive deployment of renewable and distributed energy resources is the current trend to increase the efficiency, sustainability and reliability of energy supply and the independence from external sources.

Biomass is a renewable resource, distributed and abundant in Spain, although its use for energy purposes is currently very limited and uncompetitive against other sources of renewable energy. The massive deployment of biomass heat, power and/or cogeneration applications requires optimization based on technical, economical and environmental issues.

The main objective of the thesis is to define an optimization methodology for the energy use of biomass in a given geographical area and apply it to the Valencia Community. Firstly, it was reviewed the state art of biomass energy use technologies and concerns, and previous methodologies that partially dealt with feasibility analysis of biomass energy use.

It has been developed a methodology, structured in different modules, that evaluates biomass resources, calculates and optimizes transport distances and costs, potential consumers and characterizes biomass energy use technologies. All these modules come into a module for optimization and evaluation of scenarios which allows comparing different energy alternatives from an economic and environmental point of view.

The methodology has been applied to the Valencia Community and it has been studied the feasibility of different bioenergy applications for each district. The energy potential of the residual biomass, mainly from agricultural crops and forestry, is one million tons which is equivalent to 260,000 tonnes of oil equivalent (toe). In most districts the low ash content allows both, applications of generation of electricity or cogeneration, and pellet production plants. Depending on selected technology, the installed power would be between 85 and 145 MW, equivalent to 1 - 1.5% of the total power installed in the Valencia Community, and 15 times more than present power fueled with biomass (8.9 MW in 2011 according to data from AVEN). The economic feasibility of biomass plants was acceptable in most cases, with payback periods below 10 years, especially in cogeneration and pellet production plants. This economic feasibility was largely due to the logistic structure with subcontracted transportation and previous compaction (which was shown as the best alternative in any case), and the fact that the plants had reasonable size with amounts of managed biomass in the range 10,000-80,000 t per year.

CO<sub>2</sub> balance was favorable in all cases being, again, the production of pellets and cogeneration applications the better ones, since emissions savings were between 3 and 5 times greater than those from electricity generation plants. Proposed logistic structure was the best one from both, economical and environmental, points of view.



## RESUM

---

La massiva implementació de recursos energètics distribuïts i renovables és la tendència actual per a incrementar l'eficiència, sostenibilitat i fiabilitat del subministrament energètic i la independència de fonts externes.

La biomassa és un recurs renovable, distribuït i abundant a Espanya, encara que en l'actualitat el seu ús amb fins energètics és molt limitat i poc competitiu enfront d'altres fonts d'energia renovable. La implementació massiva d'aplicacions de biomassa per a generació de calor, electricitat o cogeneració requereix optimitzar tècnica, econòmica i ambientalment el procés d'aprofitament.

L'objectiu principal de la tesi és definir una metodologia d'optimització de l'aprofitament energètic de la biomassa en un àmbit geogràfic determinat i aplicar-la a la Comunitat Valenciana. Per a això, en primer lloc, s'ha revisat l'estat de l'art de la biomassa com a recurs energètic i de metodologies anteriors que resolien aspectes parcials de l'estudi de viabilitat d'aprofitament energètic de la biomassa.

En segon lloc s'ha desenvolupat una metodologia, estructurada en distints mòduls, que avalua els recursos de biomassa, quantifica i optimitza les distàncies i costos de transport, els potencials consumidors i caracteritza les tecnologies d'aprofitament. Tots els mòduls conflueixen en un mòdul d'optimització i avaluació d'escenaris que permet comparar distintes alternatives energètiques des d'un punt de vista econòmic i ambiental. La metodologia s'ha aplicat a la Comunitat Valenciana i s'ha estudiat la viabilitat de distintes aplicacions bioenergètiques per a cada Comarca. El potencial energètic de la biomassa residual, principalment, agrícola i forestal ascendeix a quasi un milió de tones que equivalen a 260.000 tones equivalents de petroli. En la majoria dels casos el contingut en cendra era baix i permet tant aplicacions de generació d'electricitat o cogeneració, com a producció de pellets per a calderes. En funció de la tecnologia la potència elèctrica instal·lable seria entre 85 i 145 MW, la qual cosa equival a l'1 - 1,5% de la potència elèctrica total instal·lada a la Comunitat Valenciana, i és 15 vegades major que la potència amb biomassa que havia instal·lada en 2011 (8,9 MW segons dades d'AVÉN). La viabilitat econòmica de les plantes de biomassa va ser acceptable en la majoria dels casos, amb períodes de retorn del capital inferiors als 10 anys, especialment en plantes de cogeneració i plantes de producció de pellets. La dita viabilitat econòmica va ser deguda, en gran manera, a l'estructura logística amb transport subcontractat i prèvia compactació (que es va mostrar com la millor alternativa en qualsevol cas), i al fet de que les plantes tenien una grandària raonable amb quantitats de biomassa gestionada de 10.000 - 80.000 t/any.

El balanç d'emissions de CO<sub>2</sub> va ser favorable en tots els casos sent, de nou, la producció de pellets i la cogeneració les aplicacions amb millor balanç, ja que l'estalvi d'emissions va ser entre 3 i 5 vegades major que el corresponent a plantes de generació d'electricitat. L'estructura logística òptima a nivell econòmic va ser també la que va proporcionar menors emissions associades al transport.



---

---

**INDICE GENERAL**

---

<b>CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS</b>	<b>1</b>
1.1.- Introducción	1
1.2.- Objetivos	6
1.3.- Estructura de la tesis.	6
1.4.- Bibliografía del capítulo	8
<b>CAPÍTULO 2 ESTADO DEL ARTE: BIOMASA COMO FUENTE DE ENERGÍA</b>	<b>9</b>
2.1.- Fuentes energéticas y problema energético mundial	9
2.2.- Aprovechamiento de la biomasa en la historia	9
2.3.- Revisión de la situación actual de la biomasa como fuente energética renovable	10
2.4.- Caracterización de la biomasa como combustible	18
2.5.- Tecnologías y procesos de aprovechamiento energético de la biomasa	26
2.6.- Balance energético y ambiental del uso de la biomasa con fines energéticos	44
2.7.- Metodologías de evaluación y gestión de recursos de biomasa para su aprovechamiento energético.	48
2.8.- Bibliografía del capítulo	51
<b>CAPÍTULO 3 METODOLOGÍA DESARROLLADA PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DE RECURSOS BIOMÁSICOS</b>	<b>53</b>
3.1.- Planteamiento y esquema general de la metodología general.	53
3.2.- Módulo de fuentes de biomasa	55
3.3.- Módulo de logística	147
3.4.- Módulo de tecnologías de aprovechamiento de biomasa	173
3.5.- Módulo de Demanda	199
3.6.- Módulo de Emisiones e impacto ambiental	218
3.7.- Módulo de optimización y análisis de escenarios	220
3.8.- Bibliografía del capítulo	230

---

<b>CAPÍTULO 4 RESULTADOS. APLICACIÓN A LA COMUNIDAD VALENCIANA</b>	<b>233</b>
4.1.- Introducción.	233
4.2.- Fuentes de información utilizadas	233
4.3.- Resultados del módulo de fuentes de biomasa	234
4.4.- Resultados del módulo de logística	247
4.5.- Resultados del módulo de demanda	267
4.6.- Resultados del módulo de tecnologías de aprovechamiento de biomasa	272
4.7.- Resultados del módulo de optimización y análisis de escenarios	278

<b>CAPÍTULO 5 CONCLUSIONES</b>	<b>293</b>
5.1.- Conclusiones y recomendaciones	293
5.2.- Futuras líneas de investigación	297

---

## ANEXOS

---

<b>ANEXO A: APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA A LA COMUNIDAD VALENCIANA. PRINCIPALES RESULTADOS Y DATOS ADICIONALES</b>	<b>301</b>
A.1.- Fichas comarcales de recursos de biomasa	302
A.2.- Resultados de escenarios: Escenario de REFERENCIA	339
A.3.- Biomasa a nivel municipal	348
A.4.- Listados de municipios de la Comunidad Valenciana con coordenadas UTM y superficie.	357
A.5.- Listados de municipios de la Comunidad Valenciana con comarca y provincia de pertenencia	367
<b>ANEXO B: RESULTADOS DEL PROYECTO BIOVAL. CARTOGRAFÍA DE APOYO</b>	<b>377</b>
B.1.- Comarcas de la provincia de VALENCIA	379
B.2.- Comarcas de la provincia de ALICANTE	385
B.3.- Comarcas de la provincia de CASTELLÓN	391

---

**INDICE DE FIGURAS**


---

<i>Figura 2-1 Consumo y regional en de Energía primaria. Distribución de fuentes energéticas utilizadas a nivel europeo, nacional el 2011 .....</i>	10
<i>Figura 2-2 Consumo de Energía primaria. Distribución de fuentes energéticas utilizadas a nivel europeo, nacional y regional en el 2007 .....</i>	11
<i>Figura 2-3 Consumo de Energía primaria. Distribución de fuentes energéticas utilizadas a nivel europeo, nacional y regional en el 2003 .....</i>	11
<i>Figura 2-4 Evolución de las aplicaciones basadas en biomasa en los últimos años .....</i>	13
<i>Figura 2-5 Evolución de la potencia instalada con Biomasa en España .....</i>	16
<i>Figura 2-6 Principales procesos de transformación de la biomasa y sus posibles aplicaciones energéticas finales. ....</i>	27
<i>Figura 2-7 Variación de la producción en función de la distancia de desembosque.....</i>	28
<i>Figura 2-8 Astilladora semimóvil con motor diesel.....</i>	30
<i>Figura 2-9 Camiones empleados para transporte de astillas .....</i>	31
<i>Figura 2-10 Empacadora modelo "FiberPack" de la marca John Deere .....</i>	32
<i>Figura 2-11 Camión con remolque y grúa para transporte de pacas. ....</i>	33
<i>Figura 2-12 Empacadora modelo "WoodPack" de Valmet.....</i>	34
<i>Figura 2-13 Empacadora de pacas rectangulares modelo "Forestpack" de Notec.....</i>	35
<i>Figura 2-14 Esquema de los principales procesos termoquímicos y sus productos .....</i>	36
<i>Figura 2-15 Esquema de un gasificador tipo downdraft.....</i>	40
<i>Figura 2-16 Esquema de un gasificador de lecho fluido burbujeante.....</i>	41
<i>Figura 2-17 Contribución energética relativa (%) de los principales componentes de la producción agrícola para distintos cultivos. ....</i>	45
<i>Figura 2-18 Distribución de energía utilizada en la producción de biomasa con Brasicas.....</i>	46
<i>Figura 3-1 Esquema general de la metodología empleada para optimizar el aprovechamiento energético de biomasa .....</i>	54
<i>Figura 3-2 Peso seco de matorral en función del volumen aparente o biovolumen.....</i>	97
<i>Figura 3-3 Encuesta de Precios de la Tierra 2011 .....</i>	107
<i>Figura 3-4 Superficie de de barbecho en España. ....</i>	110
<i>Figura 3-5 Evolución de la capacidad de producción y consumo de biocarburantes en España. ....</i>	116
<i>Figura 3-6 Productividad de cardo y pluviometría.....</i>	132
<i>Figura 3-7 Densidad superficial de biomasa y ubicación de puntos de aportación. ....</i>	136
<i>Figura 3-8. Evaluación del factor de tortuosidad en la Comunidad Valenciana. ....</i>	148
<i>Figura 3-9. Ejemplo gráfico del método de la distancia representativa (APROX2).....</i>	149
<i>Figura 3-10. Matriz de distancias unitarias entre orígenes y destinos .....</i>	149
<i>Figura 3-11. Matriz de distancias totales recorridas entre orígenes y destinos .....</i>	151
<i>Figura 3-12. Camión de carga de biomasa a granel (sin empacar) .....</i>	159
<i>Figura 3-13. Máquina empacadora de biomasa (cortesía de TRABISA, S.L.).....</i>	159
<i>Figura 3-14. Carga de las pacas en camión convencional con grúa (cortesía de TRABISA, S.L.).....</i>	160
<i>Figura 3-15. Empacadora Forestpack. ....</i>	160

<i>Figura 3-16. Empacadora Balas de pino (izquierda) y poda de almendro (derecha) procesadas con la empacadora Forestpack de TRABISA - NOTEC.</i>	161
<i>Figura 3-17. Coste de transporte (sin incluir amortización)</i>	163
<i>Figura 3-18. Coste de camiones de transporte según capacidad de carga</i>	164
<i>Figura 3-19. Coste total de transporte con previo empacado.</i>	168
<i>Figura 3-20. Coste total de transporte sin empacado.</i>	168
<i>Figura 3-21. Comparativa de transporte con/sin empacado</i>	169
<i>Figura 3-22. Estacionalidad y porcentaje de tiempo de operación para varias comarcas</i>	172
<i>Figura 3-23. Estacionalidad y porcentaje de cobertura ó biomasa recogida</i>	172
<i>Figura 3-24. Costes de la zona ARABI</i>	175
<i>Figura 3-25. Volteador de camiones o "truck tipper"</i>	175
<i>Figura 3-26. Esquema planta de pellets</i>	179
<i>Figura 3-27. Costes de instalación de una planta de peletización. (Biomasa con 35% humedad)</i>	182
<i>Figura 3-28. Costes de instalación y O&amp;M en planta de pellets</i>	182
<i>Figura 3-29. Esquema geneal de una planta de gasificación</i>	185
<i>Figura 3-30. Planta de gasificación de lecho fluido burbujeante. Módulo de 1000 kg/h.</i>	187
<i>Figura 3-31. Potencia y eficiencia eléctrica en función de la potencia fuel.</i>	187
<i>Figura 3-32. Costes de instalación y eficiencia en función de la potencia eléctrica instalada.</i>	188
<i>Figura 3-33. Costes de instalación y eficiencia en función de la potencia eléctrica instalada.</i>	188
<i>Figura 3-34. Esquema de la planta de gasificación en lecho fijo downdraft.</i>	189
<i>Figura 3-35. Potencia y eficiencia eléctrica en función de la potencia fuel.</i>	190
<i>Figura 3-36. Costes de instalación y eficiencia en función de la potencia eléctrica instalada.</i>	190
<i>Figura 3-37. Costes de instalación y eficiencia en función de la potencia eléctrica instalada.</i>	191
<i>Figura 3-38. Potencia y eficiencia eléctrica en función de la potencia fuel.</i>	193
<i>Figura 3-39. Costes de instalación y eficiencia en función de la potencia eléctrica instalada.</i>	193
<i>Figura 3-40. Costes de instalación y eficiencia en función de la potencia eléctrica instalada.</i>	194
<i>Figura 3-41. Esquema de funcionamiento del ciclo ORC</i>	195
<i>Figura 3-42. Potencia y eficiencia eléctrica en función de la potencia fuel.</i>	196
<i>Figura 3-43. Costes de instalación y eficiencia en función de la potencia eléctrica instalada.</i>	196
<i>Figura 3-44. Costes de instalación y eficiencia en función de la potencia eléctrica instalada.</i>	197
<i>Figura 3-45. Centrales térmicas de Carbón en España (ubicación)</i>	214
<i>Figura 3-46. Demanda energética (MWh/año) en los sectores R,S,H en función de la población (habitantes)</i>	217
<i>Figura 3-47. Demanda energética (MWh/año) en el sector I en función de la población (habitantes)</i>	217
<i>Figura 4-1. Ejemplo de ficha de recursos de biomasa: comarca de Los Serranos</i>	235

Figura 4-2. Ejemplo de ficha de recursos de biomasa: Comara de La Ribera Alta.....	236
Figura 4-3. Ejemplo de ficha de recursos de biomasa: Comarca de Valencia.....	237
Figura 4-4. Ejemplo de ficha de recursos de biomasa: Comara de La Ribera Baixa. ....	238
Figura 4-5. Recursos de biomasa para cada comarca de la Comunidad Valenciana.....	239
Figura 4-6. Ubicación de los centroides de los municipios de la Comunidad Valenciana en coordenadas UTM (en km).....	240
Figura 4-7. Mapa de densidad de biomasa (t/ha) agrícola y forestal de la Comunidad Valenciana. ....	241
Figura 4-8. Ratio FD/FA a nivel comarcal. ....	245
Figura 4-9. Ratio FD/FA a nivel municipal.....	245
Figura 4-10. Ubicaciones óptimas de las plantas de biomasa de la Comunidad Valenciana. ....	253
Figura 4-11. Comparación entre APROX1 y GIS. DISTANCIA promedio. ....	254
Figura 4-12. Comparación entre APROX1 y GIS. DISTANCIA mínima (óptimo).....	254
Figura 4-13. Comparación entre APROX2 y GIS. DISTANCIA promedio (Para APROX2 es la llamada distancia representativa).....	255
Figura 4-14. Comparación entre APROX1 y GIS. COSTE promedio. ....	255
Figura 4-15. Comparación entre APROX1 y GIS. COSTE mínimo (óptimo).....	256
Figura 4-16. Comparación entre APROX2 y GIS. COSTE mínimo (óptimo).....	256
Figura 4-17. Resultados de Payback y balance de emisiones para plantas de pellets.....	280
Figura 4-18. Resultados de PAYBACK y ahorro de emisiones para planta <b>ELECTRICA tipo B1.1</b> . ....	281
Figura 4-19. Resultados de PAYBACK y ahorro de emisiones para planta <b>COGENERACIÓN tipo B1.1</b> .....	282
Figura 4-20. Resultados de PAYBACK y ahorro de emisiones para planta <b>ELECTRICA tipo B2</b> . ....	283
Figura 4-21. Resultados de PAYBACK con y sin <b>COGENERACIÓN</b> para planta tipo <b>tipo B3</b> .....	284
Figura 4-22. Potencia térmica nominal de las plantas de cogeneración para plantas tipo B3 y B1.1.....	285
Figura 4-23. Viabilidad económica de <b>plantas ELECTRICAS</b> en función de la tecnología y potencia .....	287
Figura 4-24. Viabilidad económica de plantas <b>ELECTRICAS</b> en función de la tecnología y potencia .....	287
Figura 4-25. Viabilidad económica de la planta B1.1. Influencia del area comarcal. ....	288
Figura 4-26. Viabilidad ambiental de la planta B1.1.Plantas <b>ELÉCTRICAS</b> .....	289
Figura 4-27. Viabilidad económica de la planta B1.1. Plantas <b>COGENERACIÓN</b> . ....	289
Figura 4-28. Viabilidad económica en distintos escenarios de retribución de la energía eléctrica generada. Planta <b>ELECTRICA B1.1</b> .....	290
Figura 4-29. Viabilidad económica en distintos escenarios de retribución de la energía eléctrica generada. Planta <b>COGENERACIÓN B1.1</b> .....	291
Figura 4-30. Viabilidad económica en distintos escenarios de retribución de la energía eléctrica generada. Planta <b>ELECTRICA B2</b> .....	291
Figura 4-31. Viabilidad económica en distintos escenarios de retribución de la energía eléctrica generada. Planta <b>ELECTRICA B3</b> .....	292

Figura 4-32. Viabilidad económica en distintos escenarios de retribución de la energía eléctrica generada. Planta <b>COGENERACIÓN B3</b> .....	292
Figura A-1 Recursos de biomasa: El Comtat .....	303
Figura A-2 Recursos de biomasa: L'Alcoià .....	304
Figura A-3 Recursos de biomasa: L'Alt Vinalopó .....	305
Figura A-4 Recursos de biomasa: El Vinalopó Mitjà .....	306
Figura A-5 Recursos de biomasa: La Marina Alta .....	307
Figura A-6 Recursos de biomasa: La Marina Baixa.....	308
Figura A-7 Recursos de biomasa: L'Alacantí.....	309
Figura A-8 Recursos de biomasa:El Baix Vinalopó.....	310
Figura A-9 Recursos de biomasa: El Baix Segura .....	311
Figura A-10 Recursos de biomasa: Els Ports .....	312
Figura A-11 Recursos de biomasa: L'Alt Maestrat.....	313
Figura A-12 Recursos de biomasa: El Baix Maestrat .....	314
Figura A-13 Recursos de biomasa: L'Alcalatén.....	315
Figura A-14 Recursos de biomasa: La Plana Alta.....	316
Figura A-15 Recursos de biomasa: La Plana Baixa .....	317
Figura A-16 Recursos de biomasa: El Alto Palancia.....	318
Figura A-17 Recursos de biomasa: El Alto Mijares.....	319
Figura A-18 Recursos de biomasa: El Rincón de Ademuz.....	320
Figura A-19 Recursos de biomasa: Los Serranos.....	321
Figura A-20 Recursos de biomasa: El Camp de Túria .....	322
Figura A-21 Recursos de biomasa: El Camp de Morvedre .....	323
Figura A-22 Recursos de biomasa: L'Horda Nord .....	324
Figura A-23 Recursos de biomasa: L'Horta Oest .....	325
Figura A-24 Recursos de biomasa: València .....	326
Figura A-25 Recursos de biomasa: L'Horta Sud.....	327
Figura A-26 Recursos de biomasa: La Plana de Utiel-Requena .....	328
Figura A-27 Recursos de biomasa: La Hoya de Buñol.....	329
Figura A-28 Recursos de biomasa: El Valle de Cofrentes-Ayora .....	330
Figura A-29 Recursos de biomasa: La Ribera Alta .....	331
Figura A-30 Recursos de biomasa: La Ribera Baixa .....	332
Figura A-31 Recursos de biomasa: La Canal de Navarrés.....	333
Figura A-32 Recursos de biomasa: La Costera.....	334
Figura A-33 Recursos de biomasa: La Vall d'Albaida.....	335
Figura A-34 Recursos de biomasa: La Safor.....	336
Figura A-35 Recursos de biomasa: L'Horta – Agrupación comarcal A01.....	337
Figura B-36 Comarcas del País Valencià.....	378
Figura B-37 Comarca de la Costera .....	379
Figura B-38 Comarcas de El Rincon de Ademuz (a) y La Hoya de Buñol (b).....	380
Figura B-39 Comarcas de La Canal de Navarrés (a) y La Ribera Alta (b) .....	381
Figura B-40 Comarcas de La Ribera Baixa(a) y El Valle de Ayora (b).....	382
Figura B-41 Comarcas de La Vall D'Albaida (a) y Los Serranos (b) .....	383
Figura B-42 Comarca de L'Horta .....	384
Figura B-43 Comarca de El Comtat.....	385
Figura B-44 Comarcas de L'Alcoià (a) y El Alto Vinalopó (b).....	386

<i>Figura B-45 Comarcas de El Baix Vinalopó (a) y La Marina Baixa (b)</i> .....	387
<i>Figura B-46 Comarcas de El Vinalopó Mitja (a) y La Marina Alta (b)</i> .....	388
<i>Figura B-47 Comarcas de La Vega Baja (a) y L'Alacantí (b)</i> .....	389
<i>Figura B-48 Comarca de La Plana Baixa</i> .....	391
<i>Figura B-49 Comarcas de L'Alt Maestrat (a) y El Alto Palancia (b)</i> .....	392
<i>Figura B-50 Comarcas de Els Ports (a) y El Alto Mijares (b)</i> .....	393
<i>Figura B-51 Comarcas de L'Alcalaten (a) y El Baix Maestrat (b)</i> .....	394
<i>Figura B-52 Comarca de la Plana Alta</i> .....	395



---

**INDICE DE TABLAS**


---

<i>Tabla 1-I Contribución de las energías renovables en Europa, España y la Comunidad Valenciana (C.V).....</i>	<i>2</i>
<i>Tabla 2-I Contribución de los distintos recursos renovables en el 2004 (España).....</i>	<i>12</i>
<i>Tabla 2-II Evolución de las aplicaciones basadas en biomasa en los últimos años.....</i>	<i>13</i>
<i>Tabla 2-III Proyectos energéticos basados en biomasa puestos en explotación entre 1999 y 2004. ....</i>	<i>14</i>
<i>Tabla 2-IV Objetivos energéticos para residuos agrícolas leñosos planteados en el PER 2005-2010.....</i>	<i>15</i>
<i>Tabla 2-V Constituyentes fundamentales de la madera según su tipo.....</i>	<i>19</i>
<i>Tabla 2-VI Constituyentes fundamentales de las diferentes porciones del árbol .....</i>	<i>19</i>
<i>Tabla 2-VII Composición elemental de la madera (secada al aire).....</i>	<i>19</i>
<i>Tabla 2-VIII. Valores representativos de humedad para madera y paja .....</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 2-IX. Influencia de la humedad sobre la temperatura de combustión.....</i>	<i>22</i>
<i>Tabla 2-X. Composición del biogas .....</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 3-I. Tipificación de biomasa: Residuos agrícolas.....</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 3-II. Tipificación de biomasa: Residuos industrias agrícolas y agroalimentarias. ....</i>	<i>64</i>
<i>Tabla 3-III. Caracterización básica de los principales residuos ganaderos. ....</i>	<i>65</i>
<i>Tabla 3-IV. Principales cultivos agrícolas de España y superficie que ocupan. ....</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 3-V. Coeficientes CR<sub>p</sub> para cultivos herbáceos según estudios precedentes y coeficientes CR<sub>S</sub> obtenidos para la Comunidad Valenciana (CV).....</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 3-VI. Productividad de los principales cultivos herbáceos de cereales para grano en la Comunidad Valenciana. ....</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 3-VII Coeficientes CR<sub>S</sub> para cultivos leñosos .....</i>	<i>70</i>
<i>Tabla 3-VIII. Residuos agrícolas – Coeficientes de generación superficial de biomasa CR<sub>S</sub>.....</i>	<i>71</i>
<i>Tabla 3-IX. Superficie forestal según características de la vegetación (IFN3, 2005).....</i>	<i>79</i>
<i>Tabla 3-X. Superficie arbolada por especies para España (IFN2).....</i>	<i>80</i>
<i>Tabla 3-XI. Volumen con corteza (VCC) por especies para España (IFN2).....</i>	<i>81</i>
<i>Tabla 3-XII. Volumen de cortas por especies para España (Anuario agroalimentario 2006).....</i>	<i>82</i>
<i>Tabla 3-XIII. Superficies de cultivo de olivo y vid y producciones de aceites de oliva y vino en la Comunidad Valenciana.....</i>	<i>99</i>
<i>Tabla 3-XIV. Productividad de aceite y vino para la Comunidad Valenciana.....</i>	<i>99</i>
<i>Tabla 3-XV. Residuos Industria aceite y vino, CR<sub>p</sub>, CR<sub>S</sub> .....</i>	<i>99</i>
<i>Tabla 3-XVI. Residuos otras industrias agroalimentarias (biomasa seca), CR<sub>p</sub>.....</i>	<i>100</i>
<i>Tabla 3-XVII. Residuos otras industrias agroalimentarias (biomasa húmeda), CRMP .....</i>	<i>101</i>
<i>Tabla 3-XVIII. Coeficientes CR<sub>p</sub> para los residuos de jardinería.....</i>	<i>102</i>
<i>Tabla 3-XIX. Precio medio de las tierras de labor de secano por Comunidades Autónomas (euros por hectárea).....</i>	<i>105</i>
<i>Tabla 3-XX. Precio medio de las tierras de labor de regadío por Comunidades Autónomas (euros por hectárea).....</i>	<i>106</i>
<i>Tabla 3-XXI. Superficie de tierras de labor de secano y uso por Comunidad Autónoma. ..</i>	<i>108</i>

<i>Tabla 3-XXII. Necesidades de superficie para el cumplimiento de los objetivos del PER en biocombustibles y cultivos energéticos</i> .....	111
<i>Tabla 3-XXIII. Necesidades de superficie para el cumplimiento de los objetivos del PER en biocombustibles y cultivos energéticos (75% de importación de materias primas)</i> .....	112
<i>Tabla 3-XXIV. Necesidades de superficie para el cumplimiento de los objetivos del PER en biocombustibles y cultivos energéticos (escenario E75, 75% de utilización de superficie de barbecho)</i> .....	113
<i>Tabla 3-XXV. Potencial de cultivos energéticos (biomasa lignocelulósica) por CCAA según el PER 2005-2010</i> .....	115
<i>Tabla 3-XXVI. Requerimientos de algunos cultivos ricos en azúcares y almidones</i> .....	117
<i>Tabla 3-XXVII. Relación de provincias españolas con sus códigos</i> .....	118
<i>Tabla 3-XXVIII. Cebada. Productividad y superficie periodo 1999 – 2005</i> .....	119
<i>Tabla 3-XXIX. Maíz. Productividad y superficie periodo 1999 – 2005</i> .....	120
<i>Tabla 3-XXX. Remolacha azucarera. Productividad y superficie periodo 1999 – 2005</i> .....	122
<i>Tabla 3-XXXI. Sorgo. Productividad y superficie periodo 1999 – 2005</i> .....	123
<i>Tabla 3-XXXII. Trigo. Productividad y superficie periodo 1999 – 2005</i> .....	124
<i>Tabla 3-XXXIII. Requerimientos de cultivos oleaginosos</i> .....	126
<i>Tabla 3-XXXIV. Colza. Productividad y superficie periodo 1999 – 2005</i> .....	127
<i>Tabla 3-XXXV. Girasol. Productividad y superficie periodo 1999 – 2005</i> .....	128
<i>Tabla 3-XXXVI. Soja. Productividad y superficie periodo 1999 – 2005</i> .....	129
<i>Tabla 3-XXXVII. Cultivos energéticos agrícolas y forestales</i> .....	130
<i>Tabla 3-XXXVIII. Productividad del cardo y pluviometría en diversas provincias de España (1997-2000)</i> .....	131
<i>Tabla 3-XXXIX. Productividad de cardo estimada para provincias españolas</i> .....	133
<i>Tabla 3-XL. Estacionalidad de residuos otras industrias agroalimentarias (biomasa húmeda)</i> .....	137
<i>Tabla 3-XLI. Distribución general de cultivos de la Comunidad Valenciana. Cultivos mayoritarios</i> .....	139
<i>Tabla 3-XLII. Estacionalidad de residuos agrícolas (biomasa seca, tareas de recolección y poda)</i> .....	140
<i>Tabla 3-XLIII. Estacionalidad de cultivos energéticos</i> .....	142
<i>Tabla 3-XLIV. Residuos generados debido al arrancamiento de los cultivos leñosos al final de ciclo de vida</i> .....	144
<i>Tabla 3-XLV. Disponibilidad de residuos agrícolas. Valores indicativos para cada comarca</i> .....	146
<i>Tabla 3-XLVI. Funciones de coste de transporte (FCT) para cada estructura logística</i> .....	162
<i>Tabla 3-XLVII. Consideraciones realizadas para el cálculo del coste total de transporte</i> .....	165
<i>Tabla 3-XLVIII. Valores de las constantes para la ecuación de costes totales de transporte</i> .....	167
<i>Tabla 3-XLIX. Tipos de planta de aprovechamiento energético de biomasa. MTD's (mejores tecnologías disponibles)</i> .....	177
<i>Tabla 3-L. Propiedades de los pelets y comparativa con otros biocombustibles sólidos</i> .....	178
<i>Tabla 3-LI. Balance energético horario en una planta convencional de producción de pellets</i> .....	180
<i>Tabla 3-LII. Patrón de operación y costes de una planta tipo de peletización</i> .....	181
<i>Tabla 3-LIII. Estándar europeo de calidad de pellets (norma europea prEN 14961-2)</i> .....	184

<i>Tabla 3-LIV. Tipos de planta de aprovechamiento energético de biomasa y restricciones técnicas y económicas.</i> .....	198
<i>Tabla 3-LV. Consumo específicos de energía para calefacción y agua caliente en el sector residencial.</i> .....	202
<i>Tabla 3-LVI. Índices de corrección del consumo de energía en calefacción según la zona SCI (severidad climática en invierno) a la que pertenecen.</i> .....	202
<i>Tabla 3-LVII. Viviendas principales según tipo de calefacción por combustible usado. Comunidad Valenciana</i> .....	203
<i>Tabla 3-LVIII. Distribución de la energía por usos, consumos específicos y tipos de energía consumida en hospitales</i> .....	204
<i>Tabla 3-LIX. Distribución de la energía por usos, consumos específicos y tipos de energía consumida en Centros de salud</i> .....	205
<i>Tabla 3-LX. Relación entre superficie de centros de salud y población atendida.</i> .....	205
<i>Tabla 3-LXI. Distribución de la energía por usos, consumos específicos y tipos de energía consumida en edificios destinados a docencia.</i> .....	206
<i>Tabla 3-LXII. Distribución de la energía por usos, consumos específicos y tipos de energía consumida en centros polideportivos</i> .....	207
<i>Tabla 3-LXIII. Distribución de la energía por usos, consumos específicos y tipos de energía consumida en hoteles</i> .....	208
<i>Tabla 3-LXIV. Consumo específico y uso final de la energía en hoteles de litoral e interior.</i> .....	208
<i>Tabla 3-LXV. Consumos específicos industriales por sectores de actividad. Ratios de consumo anual por unidad de facturación (M€) y número de empleados.</i> .....	210
<i>Tabla 3-LXVI. Características de las principales empresas cementeras de la Comunidad Valenciana. (Fuente: EPER, Registro estatal de emisiones y fuentes contaminantes, 2007)</i> .....	213
<i>Tabla 3-LXVII. Potencia de las centrales térmica de carbón en España y potencial de co-combustion con biomasa (PER 2005-2010)</i> .....	215
<i>Tabla 3-LXVIII. Factores de emisión CO<sub>2</sub> de algunas Fuentes y vectores energéticos.</i> ....	218
<i>Tabla 3-LXIX. Funciones de emisión de CO<sub>2</sub>.</i> .....	219
<i>Tabla 3-LXX. Principal información, procedente de otros módulos, utilizada en módulo de optimización.</i> .....	221
<i>Tabla 3-LXXI. Retribución régimen especial para plantas de biomasa (grupo B.6) en 2012.</i> .....	223
<i>Tabla 3-LXXII. Parámetros considerados para la viabilidad económica y balance de emisiones del escenario analizado. Escenario de referencia.</i> .....	224
<i>Tabla 3-LXXIII. Definición de los costes de inversión. Planta de pellets</i> .....	225
<i>Tabla 3-LXXIV. Definición de los costes y beneficios anuales. Planta de pellets</i> .....	226
<i>Tabla 3-LXXV. Definición de los costes de inversión. Planta de generación/cogeneración</i> .....	226
<i>Tabla 3-LXXVI. Definición de los costes y beneficios anuales. Planta de generación/cogeneración</i> .....	227
<i>Tabla 3-LXXVII. Definición de las emisiones y ahorro de emisiones anuales. Planta de producción de pellets.</i> .....	228
<i>Tabla 3-LXXVIII. Definición de las emisiones y ahorro de emisiones anuales. Planta de generación/cogeneración</i> .....	229

<i>Tabla 4-I. Potencial energético para cultivos energéticos ó biocarburantes en las provincias de Alicante y Castellón.....</i>	<i>242</i>
<i>Tabla 4-II. Potencial energético para cultivos energéticos ó biocarburantes en las provincia de Valencia.....</i>	<i>243</i>
<i>Tabla 4-III. Potencial energético para cultivos energéticos ó biocarburantes en la Comunidad Valenciana (CV). .....</i>	<i>243</i>
<i>Tabla 4-IV. Comparación de la biomasa forestal obtenida en varios inventarios. ....</i>	<i>246</i>
<i>Tabla 4-V. Comparación de la biomasa agrícola obtenida en varios inventarios.....</i>	<i>246</i>
<i>Tabla 4-VI. Costes de transporte (marginales) óptimos en comarcas de ALICANTE.....</i>	<i>249</i>
<i>Tabla 4-VII. Costes de transporte (marginales) óptimos en comarcas de CASTELLÓN. ....</i>	<i>250</i>
<i>Tabla 4-VIII. Costes de transporte (marginales) óptimos en comarcas de VALENCIA. ....</i>	<i>251</i>
<i>Tabla 4-IX. Costes de transporte TOTAL (CTT). Óptimos en comarcas de ALICANTE. ....</i>	<i>258</i>
<i>Tabla 4-X. Costes de transporte TOTAL (CTT). Óptimos en comarcas de CASTELLÓN. ....</i>	<i>259</i>
<i>Tabla 4-XI. Costes de transporte TOTAL (CTT). Óptimos en comarcas de VALENCIA.....</i>	<i>260</i>
<i>Tabla 4-XIV. Emisiones del transporte. Óptimos en comarcas de ALICANTE.....</i>	<i>263</i>
<i>Tabla 4-XV. Emisiones del transporte. Óptimos en comarcas de CASTELLÓN. ....</i>	<i>264</i>
<i>Tabla 4-XVI. Emisiones del transporte. Óptimos en comarcas de VALENCIA.....</i>	<i>265</i>
<i>Tabla 4-XV. Demanda de energía térmica (kWh/año) en el sector residencial (R) y servicios públicos (S) .....</i>	<i>268</i>
<i>Tabla 4-XVI. Demanda de energía térmica (kWh/año) en el sector hotelero (H), cementeras (C), industrial (I) y número de ubicaciones potenciales para cogeneración...</i>	<i>269</i>
<i>Tabla 4-XVII. Consumo potencial de biomasa en los distintos sectores de demanda (R, S, H, C, I) y biomasa total disponible a nivel comarcal. ALICANTE Y CASTELLÓN .....</i>	<i>270</i>
<i>Tabla 4-XVIII. Consumo potencial de biomasa en los distintos sectores de demanda (R, S, H, C, I) y biomasa total disponible a nivel comarcal. VALENCIA.....</i>	<i>271</i>
<i>Tabla 4-XIX. Plantas de producción de pellets instalables a nivel comarcal.....</i>	<i>274</i>
<i>Tabla 4-XX. Plantas de generació/Cogeneración basadas en gasificación más motor de combustión interna. Potencia instalada a nivel comarcal. ....</i>	<i>275</i>
<i>Tabla 4-XXI. Plantas de generació basadas en caldera y turbina de vapor. Potencia instalada a nivel comarcal. ....</i>	<i>276</i>
<i>Tabla 4-XXII. Plantas de generació basadas en caldera de fluido térmica y turbina en ciclo ORC. Potencia instalada a nivel comarcal. ....</i>	<i>277</i>
<i>Tabla 4-XXIII. Parámetros del escenario de referencia. ....</i>	<i>278</i>
<i>Tabla 4-XXIV. Ejemplo de resultados del ESCENARIO DE REFERENCIA (ALICANTE) .....</i>	<i>279</i>
<i>Tabla 4-XXV. Código identificador, ID, de cada comarca.....</i>	<i>286</i>
<i>Tabla A-I. Asignación de nombre y código de cada comarca. ....</i>	<i>302</i>
<i>Tabla A-II. Escenario de REFERENCIA: principales resultados comarcales.....</i>	<i>339</i>
<i>Tabla A-III. Escenario de REFERENCIA: principales resultados comarcales.....</i>	<i>340</i>
<i>Tabla A-IV. Cuantificación de biomasa a nivel municipal. ....</i>	<i>348</i>
<i>Tabla A-V. Coordenadas UTM y superficie de los municipios de la Comunidad Valenciana .....</i>	<i>357</i>
<i>Tabla A-VI. Relación de municipios con código, nombre, comarca y provincia de pertenencia.....</i>	<i>368</i>

## CAPÍTULO 1

---

### INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

---

En este primer capítulo se introduce el problema que ha dado lugar a esta tesis, y se describen tanto los objetivos planteados como la estructura y contenidos generales del documento.

#### 1.1.- Introducción

La masiva implementación de recursos energéticos distribuidos es la tendencia actual para aumentar la eficiencia, disminuir el impacto ambiental, incrementar la fiabilidad del suministro energético y la independencia de fuentes externas.

En el Plan de Acción Nacional de Energías Renovables (PANER) 2011 – 2020 se fija el objetivo de conseguir que las fuentes renovables representen al menos el 20% del consumo de energía final en el año 2020.

Puesto que la biomasa ocupa un papel fundamental en la consecución de este objetivo, por ello, en el siguiente punto se ha creído conveniente realizar una revisión de la situación actual de la biomasa como fuente energética.

Las aplicaciones basadas en biomasa suponen un gran ahorro de emisiones nocivas a la atmósfera, aprovechamiento de un recurso local y una alternativa energética sostenible con costes competitivos.

En la actualidad el uso de biomasa con fines energéticos en España es muy limitado y poco competitivo frente a otras fuentes de energía, esto hace que la mayoría de aplicaciones estén referidas a aplicaciones domesticas. La implementación masiva de la biomasa como biocombustible en aplicaciones de mayor tamaño como grandes calderas (en hospitales, escuelas, industrias,...) u otros procesos térmicos supone incrementar la fiabilidad del suministro con un coste competitivo y convertir la biomasa en un combustible más homogéneo, de calidad y estandarizado, de manera que los fabricantes y usuarios puedan adaptar sus equipos térmicos con facilidad.

La biomasa puede presentarse en densidades elevadas en los denominados cultivos energéticos y moderada en zonas con intensa actividad agrícola, agroalimentaria o industrial de madera, mueble y similares. La tecnología de aprovechamiento energético es similar a la de combustibles fósiles como el carbón, todo ello hace que se presente como una opción válida para la instalación de potencias considerables con fuente renovables de bajo impacto ambiental. Las emisiones netas en la combustión o gasificación son muy bajas y la presencia de agentes nocivos como el azufre es muy inferior con respecto a otros combustibles fósiles, además, otros residuos generados como las cenizas presentan la posibilidad de aplicación como fertilizantes, aislamientos térmicos y sonoros o

materia prima para la industria del vidrio. Otros beneficios indirectos serían la prevención de incendios en el caso de recogida de maleza y árboles muertos para las zonas forestales (la presencia de estos residuos aumentan el riesgo potencial de incendios) y la disminución o eliminación de la quema incontrolada de residuos de cultivos herbáceos y leñosos.

Especialmente en el arco Mediterráneo la disponibilidad de residuos agrícolas es elevada debido al clima y actual uso del territorio. Estos residuos presentan el inconveniente de moderada dispersión geográfica para su recogida y transporte y elevado contenido en cenizas y componentes potencialmente corrosivos en algunas variedades (especialmente paja de cereales). En anteriores estudios se han caracterizado estos residuos y se han cuantificado, a nivel de Comunidad Autónoma la generación de estos residuos agrícolas, forestales y relacionados (industria agroalimentaria y forestal) pero no se ha definido una estrategia logística para hacer viable, técnica y económicamente, el aprovechamiento energético de estos recursos y convertirlos en un combustible homogéneo u otro producto energético de calidad.

En la actualidad, la Comunidad Valenciana sitúa en un **5,9%** el porcentaje de energía primaria de origen renovable, **por lo que sería necesario duplicar su uso para acercarse a la media nacional (11,7%)**.

En la Tabla 1-I se incluye un resumen del consumo total de energía y la contribución de las energías renovables para la Comunidad Valenciana y la comparación con el total nacional y europeo para los años 2003, 2007 y 2011.

Tabla 1-I Contribución de las energías renovables en Europa, España y la Comunidad Valenciana (C.V)

AÑO	FUENTE ENERGÉTICA	CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA (Mtep)					
		U.E.15		ESPAÑA		C.V.	
2003	CONSUMO TOTAL (Mtep)	1486,1	100%	136,3	100%	11,42	100%
	Renovables (Mtep)	91,8	6,20%	9,18	6,70%	0,27	2,40%
2007	CONSUMO TOTAL (Mtep)	1543,39	100%	146,78	100%	12,14	100%
	Renovables (Mtep)	102,38	6,63%	10,23	6,97%	0,35	2,88%
2011	CONSUMO TOTAL (Mtep)	1760,00	100%	129,34	100%	10,60	100%
	Renovables (Mtep)	172,10	9,8%	15,14	11,7%	0,63	5,9%

Fuente: Datos procedentes de AVEN, Agencia Valenciana de la Energía

Aunque la Comunidad Valenciana posee un elevado potencial para el aprovechamiento energético de biomasa basado en una intensa actividad de los sectores agrícola, agroalimentario y de madera y mueble, aunque, según datos del 2006, la biomasa apenas proporciona un decimo del total de energía proveniente de fuentes renovables. Se estima que el porcentaje de energía primaria cubierto con renovables se podría, al menos, duplicar utilizando sólo este recurso.

Como ventajas del aprovechamiento energético de la biomasa pueden citarse, entre otros:

- Energía renovable.

Debido a su origen vegetal la fuente se regenera en ciclos de tiempo cortos que pueden ir desde unos meses hasta 2-3 años (el ciclo más representativo es el anual). Al basarse en recursos inagotables como el Sol, no le afecta la problemática de escasez o desaparición a largo plazo, que otros recursos energéticos tienen actualmente

- Aprovechamiento de residuos de cultivos tradicionales.

En muchos casos se trata de Biomasa residual que en la actualidad se elimina por combustión incontrolada y sin ningún aprovechamiento energético. El hecho de valorizar estos residuos puede suponer un menor gasto de recogida por parte del agricultor, debido a subvenciones que apoyen estas iniciativas, y un coste del combustible muy competitivo.

- Beneficios medioambientales.

Las emisiones netas en la combustión son muy bajas y la presencia de agentes nocivos como el azufre es muy inferior con respecto a otros combustibles fósiles. Además, otros residuos generados como las cenizas presentan la posibilidad de aplicación como fertilizantes.

Otros beneficios indirectos serían la prevención de incendios en el caso recogida de maleza y árboles muertos para las zonas forestales. La presencia de estos residuos aumenta el riesgo potencial de incendios.

- Generación de puestos de trabajo.

La Biomasa está presente en la zona de implantación de las instalaciones, esto supone que las labores de transporte, recogida y mantenimiento serán desempeñadas por gente de la comarca. Otra entrada de beneficios pueden ser los cultivos energéticos, cultivos con el único objetivo de tener una gran producción por hectárea de material combustible, para estos cultivos las exigencias de tratamientos plaguicidas o fertilizantes, la riqueza del terreno o las necesidades de mano de obra para su mantenimiento son mucho menores.

- Disminución de la dependencia energética del exterior o de otras fuentes más contaminantes.

Mediante las instalaciones energéticas con Biomasa se produce un aporte de energía generado en el propio punto de consumo, esta energía se puede vender o utilizarse para abaratar el precio en la zona de producción.

Las emisiones de gases nocivos o de efecto invernadero emitidas por este tipo de centrales para una misma potencia instalada o energía producida, son mucho

menores. Este hecho hace que en cada kWh consumido de esta central, y no de otra central térmica convencional (carbón, fuel oil), se están reduciendo las emisiones netas a la atmósfera de CO<sub>2</sub> y óxidos de azufre.

El aprovechamiento de la biomasa no está exento de inconvenientes, se pueden citar entre otros:

- Dispersión.

La Biomasa se encuentra como un sólido sobre la superficie de cultivo o forestal, formando una capa no uniforme que, en la mayoría de los casos, no alcanza las 10 toneladas por hectárea para cultivos herbáceos y apenas 4 para cultivos leñosos. Esto se traduce en importantes gastos de recogida y transporte.

- Producción estacional.

La Biomasa residual asimilada durante todo el año se recoge en una época determinada por el tipo de cultivo y las labores agrícolas generadoras (poda de leñosos o recolección de cereales). El tener que absorber toda esta Biomasa de manera puntual puede provocar altos costos y degradación del material almacenado. Es importante ver la diversidad de cultivos aportadores de Biomasa para intentar tener un flujo lo más uniforme posible, disminuyendo superficie y costo de almacenamiento

- Baja densidad energética.

El poder calorífico de estos materiales es bastante inferior al de otros combustibles, como el carbón o los hidrocarburos. Esto hace que la energía producida por kilogramo de biomasa procesada sea menor. Si se tiene en cuenta su baja densidad física (masa / volumen) se obtiene una baja cantidad de energía por volumen de Biomasa recogida, aunque esto puede paliarse con una compactación previa en campo.

- Altos costes de recolección, transporte y almacenamiento.

Los inconvenientes anteriormente comentados desencadenan una desventaja económica en cuanto a estas fases del proceso de aprovechamiento energético, no obstante, en el balance económico debe considerarse el bajo coste de adquisición, que en muchos casos será nulo.

- Necesidad de acondicionamiento o transformación para su utilización.

Se necesitará un acondicionamiento previo del material, como secado antes del almacenamiento o trituración para su mejor combustión. La transformación puede no ser obligatoria, pero mediante métodos termoquímicos (gasificación o pirólisis) puede aumentarse la densidad energética del combustible. Estas instalaciones aumentan los costes del proyecto y los de operación.

Las plantas energéticas alimentadas con biomasa han sufrido durante los últimos años numerosos fracasos por la falta de combustible o encarecimiento de este por la necesidad de largas distancias de transporte. La instalación de estas plantas no ha sido fruto de un proceso de optimización exhaustivo que garantice su viabilidad técnica, económica y ambiental sino que ha obedecido, principalmente. Garantizar el desarrollo masivo de instalaciones basadas en biomasa requiere:

- Cuantificar la cantidad, calidad y disponibilidad de estos residuos en el área de estudio.
- Identificar los segmentos de demanda con mayor potencial para el uso de este recurso.
- Identificar las mejores tecnologías y sistemas para el aprovechamiento energético en un área de estudio.

En este trabajo se ha definido una metodología general para afrontar los aspectos citados optimizando la logística, ubicación y tipo del centro de transformación o transferencia para cualquier zona de estudio aunque algunas particularidades son específicamente aplicables al entorno de la Comunidad Valenciana. Esta metodología considera tanto la cantidad de recursos de biomasa y sus propiedades, las tecnologías y sistemas aplicables y la potencial demanda de biocombustibles en la zona de estudio.

Los centros de transformación o transferencia de biomasa pueden generar varios productos energéticos: biocombustibles, calor y electricidad. Estos centros dispondrán de una estructura logística (recogida, compactación/trituración, transporte y distribución), gran capacidad de almacenamiento y, eventualmente, un sistema completo de peletización (triturado, secado, peletizado, enfriamiento) y/o planta de generación o cogeneración. El sistema así concebido presenta una serie de ventajas:

- Producción de un combustible estándar de calidad (pellet) compatible con la futura normativa a nivel europeo.
- Consumo en la propia planta de la porción de residuos de menor calidad (por ejemplo paja con elevado contenido en cenizas, componentes corrosivos) y distribución, en forma de pellets, de la porción de mayor calidad a los consumidores finales
- Potencial generación de varios productos energéticos en una misma planta: biocombustibles, calor y electricidad.
- Aumento de los recursos energéticos distribuidos renovables con los beneficios ambientales y de mayor fiabilidad del suministro que ello conlleva.

## **1.2.- Objetivos**

El objetivo principal de la tesis es definir una metodología de optimización del aprovechamiento energético de la biomasa en un ámbito geográfico determinado y aplicarla a la Comunidad Valenciana. Esta metodología debe proporcionar un conocimiento detallado de los recursos de biomasa en la zona de estudio, la ubicación de las posibles plantas bioenergéticas y costes de transporte, y las aplicaciones óptimas potenciales en cada caso.

La biomasa incluida en esta tesis es aquella de origen agrícola, forestal, agroindustrial y cultivos energéticos (para producción de biocombustibles sólidos).

La optimización podrá obedecer a criterios técnicos, económicos y/o ambientales, y poderse aplicar a escenarios energéticos actuales o hipotéticos, a modo de herramienta de planificación energética de la biomasa.

Como objetivos específicos cabe destacar el análisis de la viabilidad técnica, económica y ambiental de:

- La comarca como unidad de gestión de los recursos de biomasa.
- Evaluación del impacto económico de la estacionalidad en la viabilidad económica de las plantas de biomasa.
- Distintas alternativas de transporte y pre-tratamiento.
- Centrales de cogeneración, generación de electricidad y biocombustibles sólidos. Se analiza el efecto economía de escala sobre diferentes tecnologías.

## **1.3.- Estructura de la tesis.**

La tesis planteada, se desarrolla en el presente documento en un conjunto de capítulos cuyo contenido se expone brevemente en este apartado.

Este primer capítulo (**Capítulo 1. Introducción y objetivos**), se introduce el problema que ha dado lugar a esta tesis, describe los objetivos planteados y la estructura general del documento.

En el capítulo siguiente (**Capítulo 2. Estado del arte: Biomasa como fuente de energía**), se procederá, como paso previo al desarrollo de la metodología propiamente dicha, a la revisión de los antecedentes históricos del aprovechamiento energético de la biomasa y su aplicación actual, la caracterización básica de este recurso energético y las tecnologías de

aprovechamiento energético disponibles. Se incluirá una revisión de las metodologías de evaluación de recursos de biomasa, costes de transporte y optimización el aprovechamiento de la biomasa para fines energéticos encontrados en la bibliografía.

A continuación, el **Capítulo 3 (Metodología para la optimización del aprovechamiento energético de la biomasa)** expone detalladamente los módulos de que se compone la metodología, la interacción entre ellos y el proceso de optimización. Los distintos módulos y breve descripción se exponen a continuación:

- M1 - Modulo de fuentes de biomasa: se identifican las principales fuentes de biomasa y se evalúa cantidad, características, ubicación, estacionalidad y disponibilidad de este recurso.
- M2 - Modulo de logística: se evalúan las posibles estructuras logísticas, tecnologías, costes y emisiones de transporte para identificar ubicaciones óptimas o evaluar ubicaciones de interés.
- M3 - Modulo de tecnologías de aprovechamiento de biomasa: caracteriza las distintas tecnologías de aprovechamiento en cuanto a eficiencia energética, costes y restricciones.
- M4 - Modulo de Demanda: Evalúa la demanda energética en segmentos seleccionados por su elevado potencial y presencia en todos los ámbitos geográficos y grandes consumidores para aplicaciones de cogeneración. Esta demanda se tendrá en cuenta por su posible impacto en la ubicación final de la planta y la aplicación energética potencial de los recursos de biomasa.
- M5 - Modulo de Emisiones e impacto ambiental: evalúa las emisiones en el transporte y pre-tratamiento de la biomasa, así como el ahorro de emisiones debido a la generación de electricidad y/o calor y/o biocombustibles sólidos).
- M6 - Modulo de optimización y análisis de escenarios: en este módulos se puede fijar el criterio de optimización (máxima viabilidad económica, máximo ahorro de emisiones,...) y restricciones sobre el resto de módulos (fuentes de biomasa disponibles, tecnologías de interés, distancias máximas de transporte...) que representen la situación actual de la zona de estudio o un posible escenario futuro.

En el **Capítulo 4 (Aplicación a la Comunidad Valenciana)** se han incluido los resultados de la aplicación de la metodología en el ámbito de la comunidad Valenciana.

El último capítulo (**Capítulo 5. Conclusiones**) se exponen de manera sintética las principales conclusiones de la metodología desarrollada y su aplicación a la Comunidad Valenciana.

En los anexos se ha incluido, en el **Anexo A**, las tablas y mapas de resultados detallados de la aplicación de la metodología a la Comunidad Valenciana y, en el **Anexo B** se incluye cartografía de apoyo generada en proyectos precedentes en los que se aplicó, parcialmente, la metodología aquí presentada.

#### **1.4.- Bibliografía del capítulo**

Aunque no se han utilizado directamente citas textuales, las siguientes fuentes bibliográficas fueron consultadas para la elaboración del capítulo:

- [1.1] Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Secretaría general de Energía. Dirección general de política energética y minas. Plan de Energías Renovables 2005-2010 (PER).  
<http://www.mityc.es/energia/desarrollo/EnergiaRenovable/Plan/Paginas/planRenovables.aspx>
- [1.2] Juana Sardón, José María de ... [et al.]. *Energías renovables para el desarrollo Madrid*: ITES-Paraninfo, 2003. ISBN 84-283-2864-1.
- [1.3] Sala Lizarraga, José María, López González, Luis María, *Plantas de valorización energética de la biomasa*. Logroño: Ochoa, 2002. ISBN 84-7359-545-9.
- [1.4] Marcos Martín, Francisco. *Biocombustibles sólidos de origen forestal*. AENOR. Madrid. 2001. ISBN: 84-8143-272-5

## CAPÍTULO 2

---

### ESTADO DEL ARTE: BIOMASA COMO FUENTE DE ENERGÍA

---

#### 2.1.- Fuentes energéticas y problema energético mundial

En la actualidad se está entrando en una nueva era energética que exige una actuación inmediata, cooperación global y perseverancia para alcanzar la sostenibilidad a todos los niveles. Cada vez preocupa más la capacidad de equilibrar el suministro y la demanda de energía. Según la tendencia actual, la demanda mundial de energía se incrementará en más del 40% para el 2030 [2.1] y se prevé que el consumo mundial de petróleo crezca a un ritmo del 1,5 - 2% anual, jugando un importante papel en este crecimiento la demanda de China e India. Mientras tanto, el clima del planeta se va calentando, con graves consecuencias a largo plazo a nivel medioambiental y económico.

#### 2.2.- Aprovechamiento de la biomasa en la historia

El aprovechamiento de la biomasa por combustión directa constituyó tradicionalmente la fuente de energía más importante desde el descubrimiento del fuego hasta la revolución industrial. Hace poco más de un siglo las principales fuentes de energía eran la fuerza de hombres y animales y el calor obtenido al quemar la madera [2.2]. El ingenio humano también había desarrollado algunas máquinas con las que aprovechaba la fuerza hidráulica para moler los cereales o preparar el hierro en las ferrerías, o la fuerza del viento en los barcos de vela o los molinos de viento. Pero la gran revolución vino con la máquina de vapor, y desde entonces, el gran desarrollo de la industria y la tecnología han cambiado, drásticamente, las fuentes de energía que mueven la moderna sociedad. El desarrollo de un país pasó a estar ligado a un creciente consumo de energía de combustibles fósiles como el carbón, petróleo y gas natural.

Debido a las sucesivas crisis del petróleo en los años 1973, 79 y 85, se tomó conciencia de la necesidad de fomentar una política tendente a lograr un aprovechamiento racional e integral de los recursos energéticos, que permitiera reducir la dependencia casi exclusiva de unas fuentes limitadas y sometidas al control de unos grupos concretos capaces de ejercer su poder mediante el chantaje energético [2.3]. En esta línea de actuación, la biomasa se presenta como el mejor sustituto de los combustibles fósiles por varios motivos:

- La energía de la biomasa ha sido utilizada desde el principio de la humanidad en combustión directa para la obtención de calor, por lo que los principios básicos para su conversión son perfectamente conocidos, aunque su aprovechamiento eficaz requiere la aplicación de las tecnologías más

avanzadas como la gasificación en lecho fluidizado, procesos de Fischer-Tropsch o la pirolisis.

- La biomasa supone un recurso muy cuantioso y que puede incrementarse notablemente a través de los cultivos energéticos, además, las características físicas de la biomasa (estado sólido o líquido, normalmente) hacen que sea una fuente de energía que puede almacenarse fácilmente, evitando así la incertidumbre asociada típicamente a otras fuentes renovables como la energía eólica o solar.
- Se trata de materiales susceptibles de transformación en combustibles muy variados ya que pueden emplearse directamente como sólidos o bien indirectamente obteniendo derivados líquidos como el etanol o el metanol y gaseosos como el metano. Las similitudes con el carbón y otros combustibles fósiles hacen que las tecnologías de aprovechamiento energético empleadas con estos recursos fósiles puedan ser empleadas con biomasa mediante pequeñas adaptaciones. Esto supone unas grandes posibilidades de aplicación en diferentes procesos industriales y plantas de generación electricidad o cogeneración.

### 2.3.- Revisión de la situación actual de la biomasa como fuente energética renovable

Se ha analizado la situación actual de la biomasa y otras energías renovables a nivel europeo, nacional y de la Comunidad Valenciana. Los porcentajes de energía primaria consumida de origen renovable para Europa, España y la Comunidad Valenciana están incluidos en la Figura 2-2, Figura 2-3 y Figura 2-3.

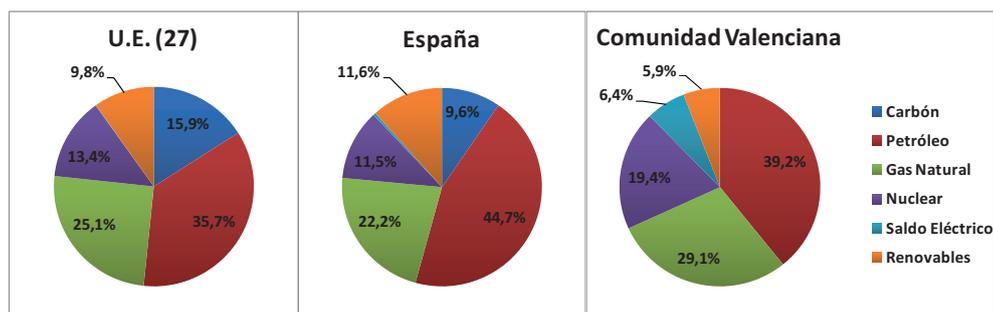


Figura 2-1 Consumo y regional en de Energía primaria. Distribución de fuentes energéticas utilizadas a nivel europeo, nacional el 2011  
(Elaboración propia, datos procedentes de AVEN, Agencia Valenciana de la Energía)

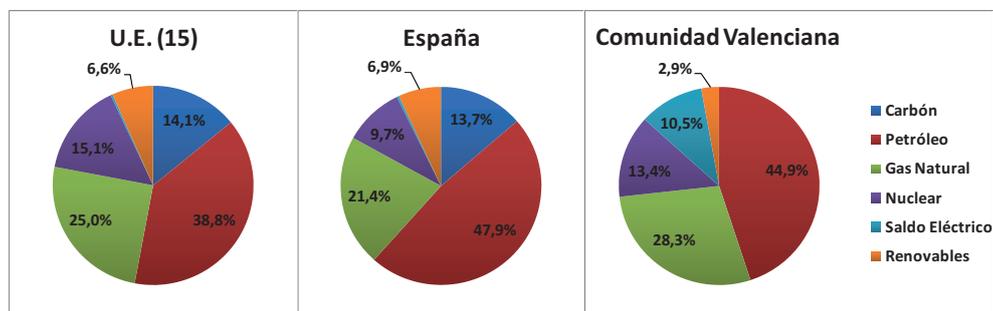


Figura 2-2 Consumo de Energía primaria. Distribución de fuentes energéticas utilizadas a nivel europeo, nacional y regional en el 2007 (Elaboración propia, datos procedentes de AVEN, Agencia Valenciana de la Energía)

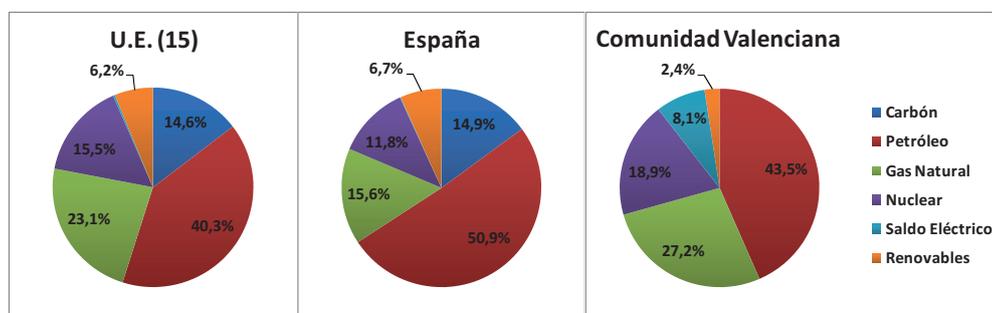


Figura 2-3 Consumo de Energía primaria. Distribución de fuentes energéticas utilizadas a nivel europeo, nacional y regional en el 2003 (Elaboración propia, datos procedentes de AVEN, Agencia Valenciana de la Energía)

Puede observarse que la contribución relativa de las energía renovables apenas aumento entre 2003 y 2007. Ello no significa que la contribución en términos de energía primaria ya que el consumo de energía primaria de origen renovable en 2007 en España fue de 10,23 Mtep frente a los 9,19 Mtep del 2003. En 2011 el incremento en la contribución de las energías renovables ha sido sustancial, aunque cabe destacar que, posiblemente por la crisis económica, el consumo total de energía primaria en 2011 en España y la Comunidad Valenciana fue un 5-10% inferior al consumo registrado en 2003 (ver Tabla 1-I).

En cuanto a la contribución de la biomasa dentro del grupo de renovables la Tabla 2-I, según datos del PER 2005-2010 [2.6], muestra como la contribución de la biomasa es mayoritaria con un total del 45,5% (debido, sobretodo, a aplicaciones de aprovechamiento térmico). En 2004 la contribución de la biomasa fue de 4167 ktep.

Según datos recientes (2010), del Banco Público de Indicadores Ambientales, destaca la contribución de la biomasa, los biocarburantes y los R.S.U, que en conjunto, casi generaron 6.895 ktep (5,3% de la energía primaria consumida).

Siendo, no obstante, los biocarburantes los que presentaron el mayor incremento (aproximadamente 1500 ktep respecto a 2004). También el grupo de eólica, solar y geotérmica, que llegaron a producir 4.834 ktep (3,7% del total de energía primaria consumida).

Tabla 2-I Contribución de los distintos recursos renovables en el 2004 (España)

Recurso renovable	Producción con energías renovables en 2004			
	Potencia instalada (MW)	Producción (GWh)	Producción en términos de Energía Primaria (ktep, %)	
<b>Generación de electricidad</b>				
Hidráulica (>50MW) <sup>(a)</sup>	13.521	23.673	1.863	20,4%
Hidráulica (Entre10 y 50MW)	2.897	5.097	438	4,8%
Hidráulica (<10MW)	1.749	4.729	407	4,4%
Biomasa	344	2.193	680	7,4%
R.S.U.	189	1.223	395	4,3%
Eólica	8.155	15.056	1.295	14,1%
Solar fotovoltaica	37	57	5	0,1%
Biogás	141	825	267	2,9%
Solar termoeléctrica	-	-	-	-
<b>TOTAL ÁREAS ELÉCTRICAS</b>	<b>27.032</b>	<b>52.852</b>	<b>5.350</b>	<b>58,5%</b>
<b>Usos térmicos</b>				
Biomasa			3.487	38,1%
Biogás			28	0,3%
Solar térmica de baja temperatura	700.805 <sup>(b)</sup>		51	0,6%
Geotermia			8	0,1%
<b>TOTAL ÁREAS TÉRMICAS</b>			<b>3.574</b>	<b>39,1%</b>
<b>Biocarburantes (Transporte)</b>				
<b>TOTAL BIOCARBURANTES</b>			<b>228</b>	<b>2,5%</b>
<b>Total</b>				
<b>TOTAL ENERGÍAS RENOVABLES</b>			<b>9.152</b>	<b>100%</b>

(a): Incluye producción con bombeo puro.

(b): La potencia instalada en solar térmica de baja temperatura está referida m<sup>2</sup>

Fuente: [2.6]

En el apartado de Biomasa, el PER (Plan de Energías Renovables en España) planteaba un incremento de la biomasa utilizada para usos eléctricos situado en 1.695 MW (4631 ktep de combustible biomasa empleado en generación de electricidad) respecto a la situación en 2004, y el apoyo a la co-combustión (combustión conjunta de biomasa y un combustible fósil), ofreciendo un incremento de la retribución a la electricidad generada y la potenciación de la Comisión Interministerial de la Biomasa, intentando potenciar el mercado.

En el caso de la Biomasa para uso térmico, el objetivo que se planteaba para el 2010 era incrementar 583 ktep respecto a la situación del 2004, con lo que se lograría alcanzar un total de 4.070 ktep. Para ello, se plantean medidas que favorezcan la inversión en equipos domésticos, la disponibilidad de recursos forestales mediante el desarrollo de la Ley de Montes, y la mejora de recogida, transporte y tratamiento de la materia prima.

Finalmente, cabe mencionar la revisión de objetivos relacionada con el considerable aumento de los biocarburantes, pasando de 500 a 2.200 ktep. El apoyo a éstos vendrá acompañado por medidas de mejora en la fiscalidad, la exención fiscal, y el apoyo de la Política Agraria Comunitaria (PAC) para cultivos energéticos.

La evolución de la contribución energética de la biomasa hacia el objetivo 2010 se muestra en la Tabla 2-II y Figura 2-4:

Tabla 2-II Evolución de las aplicaciones basadas en biomasa en los últimos años

Aprovechamiento energético (ktep)	1999	2000	2001	2002	2003	2004	Objetivo 2010
Aplicación Eléctrica	227	236	302	516	644	680	5138
Aplicación térmica	3435	3454	3462	3466	3478	3487	4070
Total	3662	3691	3764	3982	4122	4167	9208

El ritmo de crecimiento era insuficiente y el grado de cumplimiento en 2006 de la generación de electricidad con biomasa fue del 9%, lo cual ya implicaba muchas dificultades para cumplir el objetivo 2010:

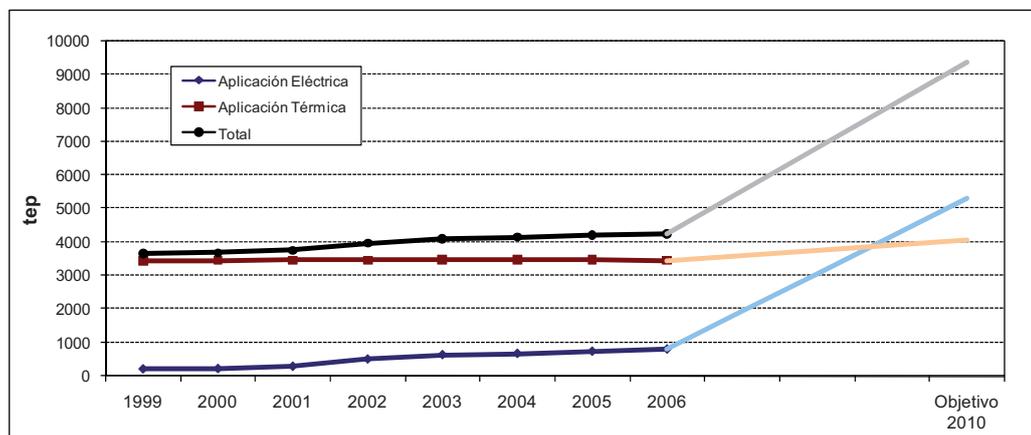


Figura 2-4 Evolución de las aplicaciones basadas en biomasa en los últimos años (Los datos de 2005 y 2006 corresponden a datos de EUROSTAT, Energy yearly statistics 2006, publicado en el año 2008)

Un análisis diferenciado por tipo de aplicación revelaba que el objetivo marcado en su día por el Plan de Fomento de incrementar la aportación de las **aplicaciones térmicas** en 900.000 tep durante el periodo 1999-2010 estaba lejos de cumplirse, pues tan sólo se alcanzó 69.446 tep (en 2006), lo que suponía un ritmo de crecimiento de 11.574 tep/año en lugar de los 75.000 tep/año eran necesarios.

En lo que respecta a las **aplicaciones eléctricas** de la biomasa el balance es incluso más pesimista. Los 5.100.000 tep de incremento en el horizonte de 2010 suponían un crecimiento medio anual de 425.000 tep/año, aunque la realidad mostraba que durante el periodo 1999-2004 sólo se alcanzó un incremento total de 468.856 tep, lo que arrojaba una media anual de 78.143 tep/año. La evolución de esta aplicación desde 1999 se puede ver en la Figura 2-4.

Un análisis de los proyectos puestos en explotación durante el periodo 1999-2004 en España, muestra como el área de biomasa se ha visto lastrada por el escaso cumplimiento de los objetivos específicos en la utilización de residuos agrícolas herbáceos y leñosos, y cultivos energéticos. El detalle de esta información puede observarse en la Tabla 2-III.

Tabla 2-III Proyectos energéticos basados en biomasa puestos en explotación entre 1999 y 2004.

RECURSO	Nº de proyectos	Energía primaria (tep)	Objetivo 2010 (tep)	Grado de cumplimiento del objetivo
Residuos forestales	149	9.671	450.000	2,1%
Residuos agrícolas leñosos	0	-	350.000	0,0%
Residuos agrícolas herbáceos	2	58.803	1.350.000	4,4%
Residuos industria forestal	121	206.946	250.000	82,8%
Residuos industria agrícola	37	262.882	250.000	105,2%
Cultivos Energéticos	0	-	3.350.000	0,0%
<b>TOTAL</b>	<b>309</b>	<b>538.302</b>	<b>6.000.000</b>	<b>9,0%</b>

Fuente: [2.6]

Las zonas prioritarias definidas por el PER se enmarcan en las Comunidades de Cataluña, Valencia, Castilla La Mancha y Andalucía. En ellas destaca el alto porcentaje de superficie destinado a cultivos leñosos en comparación con el resto de España. Estas Comunidades generan cerca del 68 % del potencial nacional de biomasa procedente de residuos agrícolas leñosos, con una producción potencial que supera las 1.950.000 tep/año.

Tabla 2-IV Objetivos energéticos para residuos agrícolas leñosos planteados en el PER 2005-2010

Comunidad	Res. Agr. Leñosos (tep)	Porcentaje	Recursos existentes (tep)	Recursos existentes (t)
Andalucía	266.740	26,6%	266.740	762.114
Aragón	84.930	8,5%	0	0
Asturias	2.470	0,2%	0	0
Baleares	13.240	1,3%	0	0
Canarias	3.020	0,3%	0	0
Cantabria	0	0,0%	0	0
Castilla-La Mancha	145.510	14,5%	145.510	415.743
Castilla-León	22.850	2,3%	0	0
Cataluña	129.170	12,9%	129.170	369.057
<b>Com. Valenciana</b>	<b>145.160</b>	<b>14,5%</b>	<b>145.160</b>	<b>414.743</b>
Extremadura	64.790	6,5%	0	0
Galicia	6.240	0,6%	0	0
La Rioja	31.310	3,1%	0	0
Madrid	7.410	0,7%	0	0
Navarra	11.530	1,1%	0	0
País Vasco	3.240	0,3%	0	0
Región de Murcia	66.360	6,6%	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>1.003.970</b>		<b>686.580</b>	<b>1.961.657</b>

Fuente: [2.6]

En el ámbito del PER se distinguen otras áreas que pueden considerarse dentro de las aplicaciones de bioenergía:

- ✓ Área de Biogás (objetivo 2010: 150.000 tep):
  - Fracción orgánica de RSU
  - Lodos EDAR. (grado de cumplimiento particularmente bajo <6%)
  - Residuos Biodegradables procedentes de Instalaciones Industriales.
  - Residuos ganaderos.
  
- ✓ Área de Biocarburantes (objetivo 2010: 500.000 tep):
  - Bioetanol
  - Biodiesel

Cabe destacar que en ambas áreas el grado de cumplimiento es más del 45% y en algunos apartados específicos los objetivos 2010 están ya cumplidos, además, la Comunidad Valenciana no es objetivo prioritario en cuanto a biocarburantes (la contribución específica planteada por el PER 2005-2010 en dicha comunidad fue del 0%).

Frente al objetivo que se fijo para la Biomasa (objetivo 2010: 6.000.000), unas 10 veces superior al planteado para biogás y biocarburantes juntos, y viendo su escaso grado de cumplimiento (~ 9%), claramente, el área de biomasa debe potenciarse frente al resto.

El consumo de energía primaria de origen renovable en España ascendió en 2010 hasta el 11,3%, lo que representa un incremento relevante respecto al 9,5% de 2009; no obstante, no se ha conseguido el objetivo establecido en la Ley 54/1997, del Sector Eléctrico, del 12% (ni obviamente tampoco el previsto en el PER 2005-2010, 12,1%).

La producción de electricidad mediante energías renovables de régimen especial alcanzó los 60.012 GWh [2.7]), lo cual representó el 21,8% del total de la demanda de electricidad en el año 2010(6). La eólica sigue siendo la tecnología que más electricidad produce, con aproximadamente un 71,8% del total del régimen especial, seguida por las tecnologías solares (fotovoltaica y termoelectrica) 11,7%, la minihidráulica 11,2% y la biomasa 5,2%.

En el ámbito de la biomasa la potencia instalada y generación de electricidad ha presentado, para España, la siguiente evolución:

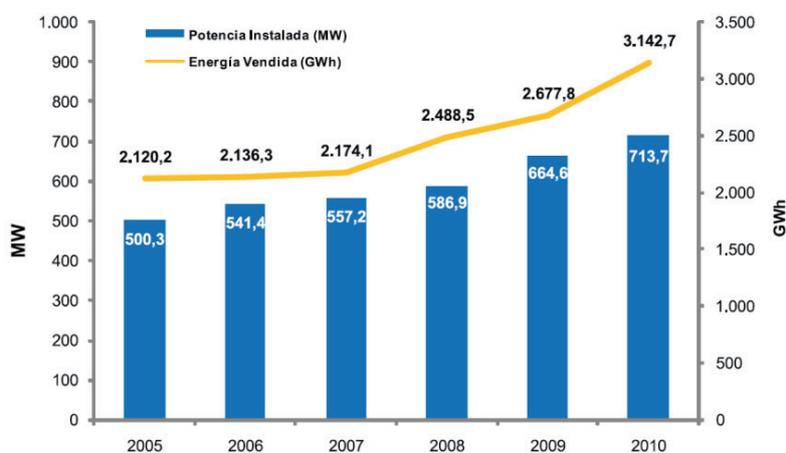


Figura 2-5 Evolución de la potencia instalada con Biomasa en España  
(Fuente: [2.7])

Es importante destacar que el potencial de la biomasa en España es, todavía, muy grande, esta tecnología produjo en 2010 solamente el 1,4% de la electricidad del país y la potencia instalada no ha cumplido con los objetivos establecidos en el PER 2005-2010, de 2.039 MW.

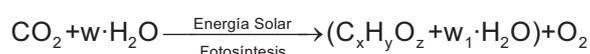
### Situación en la Comunidad Valenciana

Según el PER 2005-2010 (ver Tabla 2-IV) la Comunidad Valenciana es una zona prioritaria de actuación en cuanto al aprovechamiento energético de residuos agrícolas leñosos y con el análisis anterior de los tipos de aplicaciones y recursos utilizados en la actualidad, puede concluirse que deben potenciarse, especialmente, las aplicaciones térmicas y eléctricas basadas en biomasa agrícola.

Existen varias aplicaciones reales de casos del uso de la Biomasa con fines energéticos en la Comunidad Valenciana pero la mayoría están referidas a aplicaciones térmicas y aprovechamiento de residuos de biomasa de origen industrial. Las aplicaciones eléctricas son en su mayoría basadas en el aprovechamiento de biogás en vertederos y estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR), un reducido grupo de plantas utilizan residuos industriales / agroindustriales (cascara de arroz, cascara de almendra, restos de tableros) pero la potencia eléctrica instalada total no supera los 26 MW eléctricos (donde las aplicaciones de biogás suponen 10 MW), lo cual supone una contribución de la biomasa equivalente al 0.4% de la potencia eléctrica instalada y una producción de electricidad que equivale aproximadamente al 0.3% de la producción eléctrica total (según datos del 2007, fuente AVEN).

## 2.4.- Caracterización de la biomasa como combustible

Se puede definir biomasa como el conjunto de materiales orgánicos generados como consecuencia de un proceso biológico. La biomasa puede generarse mediante la actuación de organismos autótrofos del reino vegetal (FITOMASA) o acumularse en los seres heterótrofos del reino animal (ZOOMASA) [2.5]. Los organismos fotosintéticos (autótrofos) transforman la energía solar en energía química, mediante la actuación bioquímica de los cloroplastos contenidos en la clorofila de las plantas; esta energía queda retenida y acumulada en los enlaces intermoleculares de la materia orgánica producida como se muestra de manera simplificada en la siguiente reacción:



La materia orgánica producida puede proporcionar su energía en reacciones de combustión directa, ó a través de compuestos, originados en procesos de transformación termoquímicos o biológicos, como alcoholes e hidrocarburos que liberan la energía almacenada en sus enlaces al ser oxidados en motores de explosión, quemadores o pilas de combustible.

La radiación generada en las reacciones de fusión nuclear que tienen lugar en el Sol alcanza la superficie terrestre 8 minutos después de producirse, y lo hace con una intensidad de 1,3 kW/m<sup>2</sup>. Aunque gran parte de ésta es interceptada por las nubes, el ozono y el polvo atmosférico, la naturaleza convierte de forma continuada la energía solar en biomasa, con una eficiencia media del 0,05 – 0,1 %. Puede estimarse que anualmente la cantidad de energía fijada en la biosfera es del orden de 70.000 Mtep. Esta cantidad de energía equivale a 8 - 10 veces el consumo energético total del planeta, 1/12 de la reserva de combustibles fósiles o 200 veces el consumo mundial de alimentos.

### 2.4.1.- Composición química.

La biomasa vegetal está formada por celulosa (30-40%), hemicelulosas (25-35%) y lignina (12-30%). Estos porcentajes varían considerablemente en función de la especie, variedad, edad, estación y parte de la planta como muestran la Tabla 2-V y Tabla 2-VI [2.5].

Las diferentes proporciones existentes en la madera condicionan sus características como combustible ya que su capacidad de descomposición es distinta, degradándose en primer lugar la hemicelulosa, seguida de la celulosa y, por último, la lignina.

A temperaturas por encima de 300°C, los polisacáridos se rompen por sus enlaces glucosídicos, proporcionando pirolizados alquitranados y compuestos de bajo peso molecular y poco "char" (semicoque); sin embargo, la lignina produce abundante char y restos pirolizados con pequeñas cantidades de compuestos fenólicos. La

celulosa y las pentosanas son los primeros productores de ácido acético durante la carbonización, en tanto que los grupos metoxilos de la lignina son los responsables de la formación del metanol.

Tabla 2-V Constituyentes fundamentales de la madera según su tipo.

Material	Porcentaje en peso (%)		
	Lignina %	Hemicelulosa %	Celulosa %
Maderas blandas (coníferas)	27.8 - 29	24 - 28	41 - 43
Maderas duras (frondosas)	19.5 - 22	35	39 - 43
Paja de trigo	16.7	28.2	39.9
Paja de arroz	11.9	24.5	30.2
Bagazo	20.2	38.5	38.1

Tabla 2-VI Constituyentes fundamentales de las diferentes porciones del árbol

Subproducto	Lignina %		Hemicelulosa %		Celulosa %	
	<i>Pino</i>	<i>Abedul</i>	<i>Pino</i>	<i>Abedul</i>	<i>Pino</i>	<i>Abedul</i>
Troncos	26-39	19-25	22-27	27-39	41-44	38-50
Ramas	29-37	38	30-33	38	29-32	37
Tocones	28	39	28	39	41	38
Raíces	31	36	20-25	36	41	39
Cortezas	38-49	24	20-25	24	24-32	21
Agujas/ hojas	27-37	-	22-25	-	29-40	-

Tabla 2-VII Composición elemental de la madera (secada al aire).

Componente	Porcentaje en peso (%)	
	<i>Madera de conífera ó blanda</i>	<i>Madera de frondosas o dura</i>
C	53	51
H	6.1	6.2
O	40	39.7
N	0.2	0.4
S	0	0
Cenizas	1.7	2.7

Teniendo en cuenta sólo los componentes mayoritarios de la madera su fórmula química podría aproximarse a  $CH_{1,44} O_{1,66}$  [2.5].

Los constituyentes inorgánicos de la madera son principalmente calcio, magnesio, potasio, sodio, hierro y manganeso, unido al ácido silícico, fosfórico y al cloro, y quedan en su mayoría en las cenizas de la combustión.

## 2.4.2.- Humedad

La humedad suele ser uno de los factores determinantes a la hora de evaluar las posibilidades de aprovechamiento energético de un tipo de biomasa y puede tomar valores en el rango 5 – 100% (en base húmeda). Generalmente la biomasa residual suele presentar unos contenidos de humedad muy elevados (incluso >50%). Esto implica importantes problemas para su aprovechamiento con fines energéticos, ya que se encarecen los costes de manejo y transporte y los procesos de combustión se realizan con dificultad y bajos rendimientos. La humedad representativa de una muestra de biomasa analizada puede expresarse como [2.9]:

Humedad en base húmeda,  $H_h$ :

$$H_h (\%) = \frac{m_a}{(m_a + m_s)} \cdot 100 \quad (2-1)$$

Humedad en base seca,  $H_s$ :

$$H_s (\%) = \frac{m_a}{m_s} \cdot 100 \quad (2-2)$$

donde:

$m_a$  es la masa del agua absorbida ó retenida por un sólido

$m_s$  es la masa de sólido seco en que está contenida o retenida el agua.

Por ello, es necesario reducir ese contenido de humedad, para lo que se recurre primer lugar al secado natural, y en determinadas aplicaciones al secado forzado. Para el secado natural se debe contar con una climatología adecuada y disponibilidad de espacio para su almacenamiento durante un periodo más o menos largo. No obstante, la humedad resultante después de un secado natural no es, en muchas ocasiones, la adecuada y es necesario entonces recurrir a un secado forzado.

Aunque las consideraciones que se hacen a continuación son, en general, aplicables a todo tipo de biomasa, estarán referidas de manera específica a la biomasa lignocelulósica. Por ello, haremos en primer lugar unos comentarios sobre, el agua en la madera.

El contenido en agua de la madera varía ampliamente de unas especies a otras e incluso, para un mismo árbol, la humedad decrece desde la corteza hasta el interior. Además, hay importantes variaciones estacionales, siendo en primavera y en invierno cuando alcanza los valores más altos.

El secado de la madera implica un proceso de desplazamiento del agua del interior al exterior. Se trata de un fenómeno complejo, en el que intervienen mecanismos de succión capilar, difusión a lo largo y a través de las paredes celulares, gradientes térmicos y la presión atmosférica.

El agua se mueve desde las zonas más húmedas hacia las más secas, por succión capilar y por difusión a través de la pared celular. Por otra parte, la humedad se desplaza desde los puntos de mayor temperatura hacia los más fríos. Dado que la madera es un material de baja conductividad térmica, durante el secado la temperatura en el interior es menor que en el exterior. Por tanto, existen dos gradientes de signo contrario que finalmente determinan la velocidad de secado.

**Humedad de equilibrio:** Cuando la madera (o cualquier biomasa) está expuesta a una atmósfera dada durante un periodo de tiempo suficiente, tiende a alcanzar un contenido de humedad constante que se conoce como humedad de equilibrio, esta depende de la temperatura, la humedad relativa del aire, histéresis y otros factores.

Cuando la atmósfera está saturada, es decir, humedad relativa del 100%, la madera alcanza una humedad de equilibrio del orden del 30%. Este valor es independiente de la especie considerada, aunque el tipo de madera condiciona el tiempo necesario para alcanzar esa humedad de equilibrio.

Por tanto, resulta absurdo secar un producto más allá de la humedad de equilibrio correspondiente a las condiciones ambientales a las que se va a mantener, ya que volverá a recuperar esa humedad.

Tabla 2-VIII. Valores representativos de humedad para madera y paja

BIOMASA	Humedad en base húmeda (%)	Humedad en base seca (%)
Madera verde	40 – 60	67 – 150
Madera seca	10 – 20	17
Paja	15 – 20	17

#### 2.4.3.- Poder calorífico.

El poder calorífico se define como la cantidad de energía que se desprende en la combustión completa de un kilogramo de combustible sólido (ó líquido), ó de un m<sup>3</sup> de combustible gaseoso.

El poder calorífico de la madera, a igualdad de contenido de agua, aumenta con la proporción de lignina. La lignina, rica en carbono (65 %), tiene un poder calorífico superior de 6000 kcal/kg; en la celulosa, con menos proporción de carbono (44 %), éste es de 4150 kcal/kg. Así, las maderas de coníferas, muy lignificadas, tienen mayor poder calorífico que la madera de frondosas, que son pobres en lignina. De todos modos, la diferencia no es muy grande entre ambas clases de madera. El grado de humedad influye sobre el poder calorífico. La Tabla 2-IX muestra la influencia de la humedad sobre el poder calorífico.

Se denomina poder calorífico superior (PCS) a la energía total producida en la combustión del material efectuada a volumen constante y donde tanto el agua producida en la combustión como la cantidad inicial ya presente en el combustible (humedad inicial), que se vaporiza durante la combustión, condensan totalmente al final de la combustión.

El contenido en humedad reduce el Poder Calorífico de la biomasa, al haber una porción de masa que es agua y que no tiene capacidad de liberar calor, así si  $h$  es la humedad (en tanto por uno) en base húmeda, el PCS será:

$$PCS = PCS_{\text{anhidro}}(1 - H_h) \quad (2-3)$$

Donde  $PCS_{\text{anhidro}}$  es el poder calórico superior anhídrido de la madera

Se denomina poder calorífico inferior (PCI) al resultante de restar del PCS el calor latente de vaporización del agua formada en la combustión realizada a presión constante y que es arrastrada por los humos de combustión. Suponiendo que sea  $H$  el porcentaje másico de hidrógeno en el combustible la cantidad de agua formada en la combustión es:

Parte del calor liberado en la combustión es absorbido para la evaporación del agua, por lo que la temperatura de llama se reduce y en consecuencia, disminuye la velocidad de transferencia de calor. Además, cuanto mayor es la humedad, se precisa un mayor exceso de aire, generándose mayor cantidad de gases, produciéndose hollines e inquemados. El agua requiere unas 2300 kJ/kg para vaporizarse y 1500 kJ/kg para alcanzar 700°C durante la pirólisis o gasificación. El poder calorífico y temperatura de la combustión disminuyen cuando el contenido en humedad aumenta como muestra la Tabla 2-IX [2.9],[2.10].

Tabla 2-IX. Influencia de la humedad sobre la temperatura de combustión

Humedad de la madera (%)	Temperatura de Combustión (°C)	Poder calorífico (kcal/kg)
0	1200	4200
10	1150	3800
20	1100	3400
30	1040	3100
40	960	2800
50	870	2600
60	Combustión inestable	-
>60 - 65	Combustión no automantenida	-

En general, para valores de la humedad inferiores al 30% se suelen obtener buenos rendimientos en la combustión. Cuando la humedad aumenta a un 60% la combustión se hace inestable y ya para valores superiores, la combustión no se automantiene.

Fórmulas simplificadas:

Para el cálculo aproximado del poder calorífico superior (PCS) e inferior (PCI), a partir de la composición elemental de la biomasa (Carbono, Hidrógeno, Oxígeno y Azufre, en tanto por uno en peso sobre materia seca) se pueden emplear las siguientes expresiones [2.8],[2.10]:

- Ecuación empírica de Dulong (poder calorífico de la muestra sin humedad)

$$\text{PCS} = 8.100 \text{ C} + 34.000 (\text{H} - \text{O}/8) + 2.500 \text{ S} \quad (2-4)$$

y teniendo en cuenta la relación entre el porcentaje de humedad en base húmeda ( $H_h$ ) y en base seca ( $H_s$ ) basada en la siguiente ecuación:

$$H_h = H_s / (100 + H_s) \quad (2-5)$$

se deduce que (según Camps y Marcos):

$$\text{PCI} = (\text{PCS} - 665 (h + 0.54)) / (1 + h) \quad (2-6)$$

$$\text{PCI} = \text{PCS} (1 - H) - 305.9 H - 359 \quad (2-7)$$

#### 2.4.4.- Granulometría y forma de la partícula

Es evidente la diversidad de tamaño de partícula que puede presentar la biomasa en función del origen y tipo, desde virutas o serrín (= 0.1 mm), hasta residuos forestales y agrícolas con varios cm, la forma de dichos residuos también varía (polvo, hojas, trozos de madera) siendo estos últimos muy irregulares. La granulometría y formato con que se presentan estos tipos de biomasa pueden limitar las aplicaciones energéticas posibles a menos que se lleve a cabo una transformación física como el astillado, triturado y/o peletización.

Cuando el objetivo es caracterizar la distribución granulométrica de material triturado o astillado este se determina con vibro-tamices, con luces de malla comprendidas, habitualmente, entre 63 y 0,063 mm. El tamaño real de las partículas puede medirse con un calibre, eligiendo al azar una muestra de partículas de las fracciones de mayor tamaño (a partir de ~ 0.5 cm).

Es importante conocer el método empleado para definir la granulometría y el origen de los materiales analizados, ya que el método de vibro-tamices proporciona el diámetro o anchura de paso máximo (luz de malla) de cada tamiz pero debido a la naturaleza fibrosa de los materiales biomásicos astillados la longitud de las partículas suele ser más del doble de la anchura.

#### **2.4.5.- Densidad aparente.**

La densidad real de la muestra es la masa correspondiente al volumen original del producto, mientras que la densidad aparente es la correspondiente al volumen ocupado en la práctica. Utilizando combustibles como virutas, astillas, troncos, etc, se comprende la importancia del concepto de densidad aparente. El valor de la densidad aparente se obtiene por pesada de una cantidad de residuo incluida en un volumen determinado.

En general, la densidad aparente relativa de la madera maciza es inferior a la unidad, en tanto que la de la sustancia madera, sin poros, llega alrededor de 1.5 y es prácticamente constante para los diversos tipos de maderas pese a las diferencias de sus densidades en estado natural.

Así, los pesos por volumen unidad de la mayoría de maderas de frondosas secas al aire varía entre 0.5 y 0.7; el de la mayoría de coníferas se halla por debajo 0.6, con un promedio de 0.5. A título de ejemplo, la densidad aparente de la madera a sequedad absoluta viene a ser de 0.44 en el abeto rojo, 0.49 en el pino, 0.55 en el alerce, 0.67 en el haya y 0.71 en el roble [2.5].

Cuando la densidad aparente está referida a astillas la densidad aparente relativa suele estar en el rango 0.1 - 0.25 (en seco) ya que quedan muchos huecos entre astillas.

#### **2.4.6.- Conductividad térmica.**

La conductividad térmica, habitualmente designada con la letra k, proporciona una medida de la capacidad de conducción térmica del material analizado. Su valor es calculado como el cociente entre la densidad de flujo térmico y el gradiente de temperatura existente.

La madera posee una conductividad térmica en el rango  $0,1 - 0,4 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  [2.4], muy inferior al de los metales (aluminio  $216 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  y acero  $45 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ) pero superior al de algunos materiales aislantes (lana de roca  $0,035 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ).

Son varios factores los que pueden afectar al valor de la conductividad térmica como la densidad, humedad, irregularidades de la madera (nudos o huecos) y la dirección del flujo de calor (longitudinal o radial con respecto al tronco o rama de madera). En general se puede afirmar que la conductividad aumente con la humedad, la densidad y la temperatura.

La ecuación que permite determinar la conductividad térmica teniendo en cuenta la humedad de la madera y su densidad es la siguiente [2.4]:

$$k = \rho \cdot (0,1941 + 0,004064 \cdot H_h) + 0,01864 \quad (2-8)$$

donde:

**k** es la conductividad térmica,  $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$

**$\rho$**  es la densidad, expresada como masa seca dividida por el volumen con una humedad  $H$ ,  $kg/m^3$

**$H_h$**  es la humedad de la madera en base húmeda, %

Esta ecuación fue obtenida para maderas de densidad superior a  $0,3 \text{ kg/m}^3$ , humedades inferiores al 25% y temperaturas alrededor de  $24 \text{ }^\circ\text{C}$ .

#### 2.4.7.- Calor específico.

Aunque el calor específico permanece casi constante para los diferentes tipos de madera, el mismo crece con el aumento de la temperatura y con el contenido de humedad y puede ser estimado para madera seca (anhidra) por la ecuación siguiente [2.4]:

$$Cp\_anhydro = 0.266 + 0.00116 \cdot T \quad (\text{kcal/kg} \cdot ^\circ\text{C}) \quad (2-9)$$

El calor específico para madera húmeda con contenido porcentual de humedad en base seca,  $H_s$ , se estima por.

$$Cp\_húmedo = (Cp\_anhydro + H_s \cdot Ca/100) / (1 + H_s /100) \quad (\text{kcal/kg} \cdot ^\circ\text{C}) \quad (2-10)$$

donde:

**T** : temperatura en  $^\circ\text{C}$ .

**$Cp\_anhydro$**  : calor específico para madera seca.  $\text{kcal/kg} \cdot ^\circ\text{C}$

**$Ca$**  : calor específico del agua.  $\text{kcal/kg} \cdot ^\circ\text{C}$

## **2.5.- Tecnologías y procesos de aprovechamiento energético de la biomasa**

Desde el punto de vista energético, la biomasa se puede aprovechar de dos maneras; directamente por combustión para producir calor o transformándola en combustible para su mejor transporte y almacenamiento. Las propiedades y naturaleza de la biomasa son muy variadas, en el caso de biomasa animal estará compuesta de lípidos y proteínas, en cambio, en la biomasa vegetal (que es el objetivo principal de esta tesis) serán abundantes los hidratos de carbono.

El aprovechamiento energético de la biomasa en general exigirá la utilización de procesos de transformación que pueden ser [2.10]:

- **Físicos**, son procesos que actúan físicamente sobre la biomasa como pre-tratamientos y están asociados a las fases primarias de transformación, dentro de lo que puede denominarse fase de acondicionamiento, como, triturado, astillado, compactado e incluso secado.
- **Termoquímicos**, están basados en la transformación química de la biomasa, al someterla a altas temperaturas (300°C - 1500°C). Cuando se calienta la biomasa se produce un proceso de secado y evaporación de sus componentes volátiles, seguido de reacciones de craqueo o descomposición de sus moléculas, seguidas por reacciones en la que los productos resultantes de la primera fase reaccionan entre sí y con los componentes de la atmósfera en la que tenga lugar la reacción, de esta forma se consiguen los productos finales.
- **Biológicos**, son los llevados a cabo por la acción directa de microorganismos o de sus enzimas, generalmente llamado fermentación. Son procesos relacionados con la producción de ácidos orgánicos, alcoholes, cetonas y polímeros.

En el ámbito de la biomasa son los procesos termoquímicos y biológicos los directamente asociados a la aplicación energética final y las transformaciones físicas, principalmente, un pre-tratamiento.

En la Figura 2-6 se han incluido los procesos termoquímicos y biológicos más habituales, sus combinaciones y aplicaciones energéticas finales.

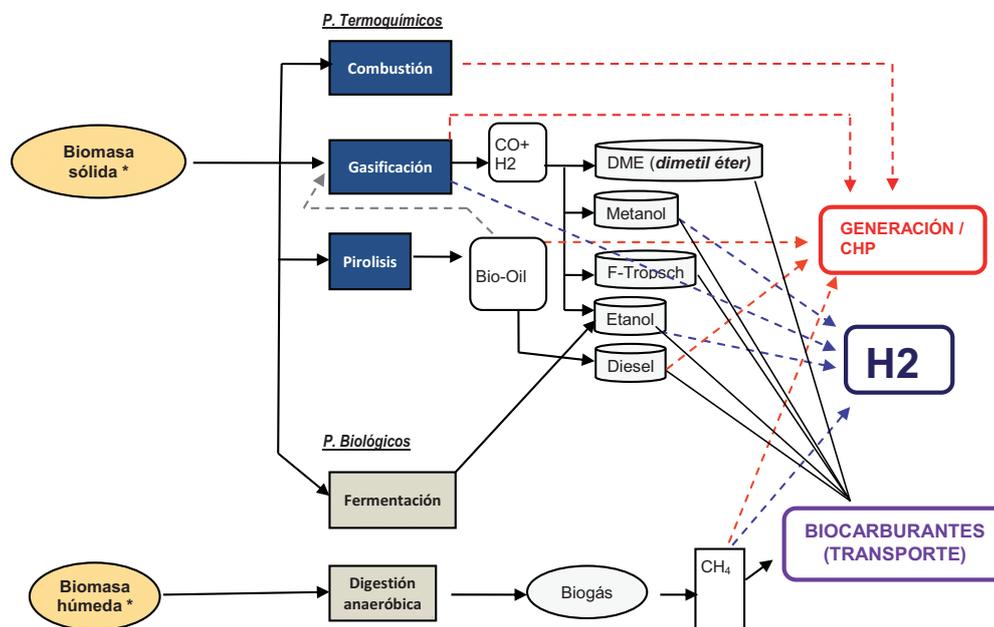


Figura 2-6 Principales procesos de transformación de la biomasa y sus posibles aplicaciones energéticas finales.  
 (CHP = Cogeneración (calor y electricidad), GENERACIÓN = producción de electricidad o calor únicamente)

### 2.5.1.- Pre-tratamientos

En función de la naturaleza de esta biomasa residual y de sus características, será necesario realizar una o varias etapas de transformación física y acondicionamiento previo, las principales etapas de transformación previa son [2.15]:

- Corta y astillado.
- Secado natural y forzado. Molienda.
- Tamizado.
- Densificación.

Corta es la operación agrícola o forestal por la que se genera el residuo. Generalmente se suelen utilizar herramientas tales como motosierras, desbrozadoras, instrumental de poda etc.

Una vez efectuada la corta se realiza la extracción del material a lugares accesibles, enviándolo a los equipos que realizan el triturado o astillado. Para ello se utiliza maquinaria móvil, que debe estar adaptada a las condiciones concretas del tipo de cultivo o del aprovechamiento forestal. En el caso de biomasa agrícola la extracción a veces se limita un hilerado previo y trituración in situ, eliminando en este caso la fase de extracción.

El tiempo invertido en la extracción de la biomasa o desembosque (cuando referido a biomasa forestal) puede suponer hasta el 50% del tiempo total de la operación conjunta extracción + empaclado o extracción + astillado, por lo que el estudio de este factor es de importancia. La distancia de desembosque reduce la productividad en aproximadamente 5-6% cada 100m como muestra la Figura 2-7.

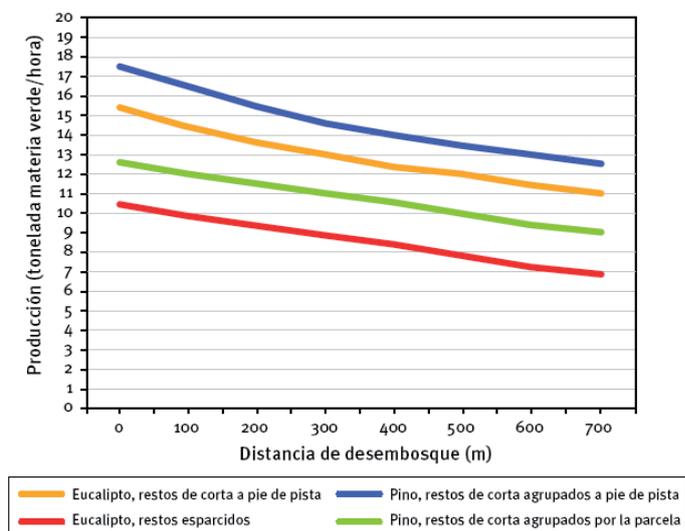


Figura 2-7 Variación de la producción en función de la distancia de desembosque.  
(Fuente: IDAE – “Biomasa: Maquinaria agrícola y forestal”)

Tras la extracción puede procederse al transporte directamente o puede realizarse un astillado o empacado previo para aumentar la densidad aparente del material e incrementar la capacidad de carga de la unidad de transporte.

### **Proceso de astillado**

Las astilladoras son máquinas que transforman los residuos en astillas de 1 a 5 cm. según los tipos. Básicamente, una astilladora consta de los elementos siguientes:

- Sistema de alimentación. Se encarga de llevar los residuos hasta la boca del astillado. Pueden ser sistemas de alimentación automáticos (cinta transportadora, cadena, etc.) ó alimentación manual.

- Rodillos de sujeción. Su misión es la de introducir los residuos de forma perpendicular a las cuchillas, para realizar así un corte limpio y un funcionamiento correcto del equipo. Suelen ser dos o más rodillos de superficie dentada, capaces de sujetar los residuos ajustando la presión adecuadamente y con la posibilidad de girar en sentido contrario, para poder expulsar el residuo en caso de atasco.

- Sistema de corte. Está formado por una serie de cuchillas metálicas muy resistentes al desgaste, que van montadas sobre un sistema motriz que gira a gran velocidad. Dependiendo de cómo se haga el montaje de las cuchillas estas pueden ser cuchillas sobre volante de inercia, sobre tambor rotatorio o cuchillas especiales de forma helicoidal.

- Sistema de extracción. Se encarga de la extracción de las astillas, generalmente mediante una soplante que provoca la succión de las mismas, que son impulsadas hasta una tubería de salida.

Las astilladoras se pueden clasificar según su sistema de tracción que, a su vez, está relacionado con el tamaño y capacidad de proceso [2.15]:

- Astilladoras estáticas: son equipos fijos que pueden procesar una gran cantidad de biomasa por hora (cerca de 200.000 kg/h). Generalmente están localizadas en industrias transformadoras de madera o plantas de tratamiento de residuos leñosos.

- Astilladoras semimóviles (ver ejemplo Figura 2-8): son equipos de grandes dimensiones con ruedas, desplazados a las explotaciones para realizar el astillado en campo.

Pueden procesar gran cantidad de biomasa en poco tiempo, hasta 100.000 kg/h (árboles enteros, sarmiento, etc.).

- Astilladoras móviles: por su reducido tamaño tienen gran facilidad de acceso a las explotaciones forestales y agrícolas.

- Astilladoras remolcadas: son de tamaño pequeño, remolcadas y accionadas mediante la toma de fuerza de un tractor. Pueden procesar entre 1.000 y 10.000 kg/h.
- Astilladoras autopropulsadas: son equipos de mayor dimensión, con tracción autónoma y con producciones que van de 5.000 a 20.000 kg/h.



Figura 2-8 Astilladora semimóvil con motor diesel  
(Fuente: IDAE – “Biomasa: Maquinaria agrícola y forestal”)

Las partículas minerales procedentes del polvo, arrastres del viento, etc. que se depositan en la corteza de los árboles y tierra y piedras arrastrados en la fase de extracción de la biomasa, contribuyen al desgaste de los elementos mecánicos de las astilladoras y a un importante aumento de los costes de mantenimiento. Además son frecuentes los atascos de los elementos móviles de estas máquinas, debido a la presencia de rozas, cortezas de naturaleza fibrosa, etc, todo lo cual conlleva paradas y tiempos muertos, con la correspondiente disminución de la productividad y, por tanto, incremento de los costes.

El elevado contenido de humedad que normalmente presentan los residuos a astillar dificulta la operación de astillado, obteniéndose astillas más heterogéneas y una productividad menor, es recomendable un secado previo natural o forzado.

El transporte de las astillas puede realizarse mediante distintas estructuras de carga y descarga. Existen astilladoras que incorporan un contenedor en el que se van depositando las astillas y que posteriormente se descarga en el suelo o en el camión. En cualquier caso el transporte final presenta dos alternativas principales:

- Descarga de astillas en el suelo y luego carga en el camión de transporte (en este caso se necesita un tractor con pala cargadora o similares)
- Descarga de astillas directamente en el remolque del camión ó contenedor (en el caso de camión portacontenedores). En caso de utilizar contenedor la

ventaja es que este se deposita en el suelo y, mientras se llena, el camión puede transportar el contenedor que dejó vacío previamente.

En la Figura 2-9 pueden observarse las tipologías de camión comentadas.



a) Camión MAN para transporte y volcado de astillas con remolque (capacidad total 120 -140 m<sup>3</sup>).



b) Camión MAN portacontenedores capacidad de 10 – 55 m<sup>3</sup>

Figura 2-9 Camiones empleados para transporte de astillas  
(Fuente: IDAE – “Biomasa: Maquinaria agrícola y forestal”)

### **Proceso de empacado**

El uso de la empacadora forestal permite optimizar el rendimiento del transporte, pues es posible disminuir el volumen de la carga que se acarrea, al igual que el del astillado, pues disminuyen los huecos en el interior del haz comprimido, aumentando la superficie de contacto cuchilla-biomasa respecto a si se introdujese directamente sin comprimir. Lo mismo ocurre con el almacenamiento, siendo menor la superficie necesaria para una masa determinada.

La tecnología de las empacadoras es relativamente reciente aplicada a residuos forestales y leñosos en general y está menos estandarizada que las astilladoras, siendo la configuración muy dependiente de la empresa que ha desarrollado la máquina, por ello se describirán algunos modelos comerciales que proporcionan una descripción básica del funcionamiento:

- **Paca cilíndrica: modelo “FiberPack” de John Deere y “WoodPack” de Valmet.**

#### Modelo “FiberPack” de John Deere (Figura 2-10)

La parte principal de esta máquina consiste en un cilindro montado sobre el semichasis trasero de un tractor forestal de tipo autocargador, unido a este mediante un eje que permite su giro, por lo que puede ser orientado en distintas direcciones.

El autocargador es un término muy utilizado cuando se hable de maquinaria forestal, este se refiere a un tractor forestal, no uno agrícola, y por tanto su remolque no es enganchable y desenganchable, si no un todo con el sistema tractor, al que se une por medio de un sistema de articulación.

La empacadora se alimenta a través de una mesa de entrada dotada de rodillo dentado y motorizado, produce unas pacas o balas cilíndricas, con un diámetro de 700 mm y una longitud ajustable. Para longitudes de paca de 3 m, el volumen de las pacas es aproximadamente 1,2 m<sup>3</sup>. Las pacas, que van atadas cada 50-60 cm, son producidas a un ritmo de entre 20 y 25 unidades por hora. Esta empacadora empleada con restos de eucalipto en estado verde, se obtuvo un peso medio por unidad compactada de 650 kg con un contenido en humedad medio del 80% en base seca [2.15]. Con el material más seco (humedad media en torno al 35%) el peso medio fue de 480 kg. En el caso de las pruebas con restos de pino, las pacas con un contenido medio de humedad del 55% tuvieron un peso medio de 460 kg. Considerando diferentes configuraciones del residuo a empacar (disperso, dispuesto en montones pie de pista, pequeños montones esparcidos por la parcela...) la productividad real de la empacadora esta en el rango 13,9 – 18,3 pacas/hora. Cuando los residuos están dispersos por la parcela de trabajo la productividad disminuye por el tiempo consumido en los desplazamientos cortos dentro de la parcela que pueden suponer un 15 – 25% del tiempo de operación mientras que, cuando dispuesto en montones a pie de pista, los desplazamientos no superan el 5-10%. La alimentación de biomasa a la empacadora también se ve afectada por estos continuos desplazamientos de manera que teniendo en cuenta los pequeños desplazamientos y la menor velocidad de alimentación, al final la productividad es menor ya que el tiempo de empacado es un 20-30% mayor cuando los residuos se encuentran dispersos.

La carga entra por un extremo del cilindro y sale por el otro, en sentido longitudinal, siendo en su interior comprimida y atada mediante cuerdas. Finalmente, una sierra de cadenas similar a la de una motosierra -accionada por sistema hidráulico- corta el haz a una longitud determinada. La paca cae al suelo cuando llega al final de la rampa de salida, empujada por la siguiente paca que se está formando.

La grapa de este modelo cambia con respecto a la de los autocargadores. Al contrario que en aquellos, que presentan cuatro uñas unidas por piezas que evitan que la carga se caiga, esta tiene las cuatro independientes.



Figura 2-10 Empacadora modelo "FiberPack" de la marca John Deere  
(Fuente: Slash Bundler 1490D, [www.deere.com](http://www.deere.com))

Tras esta máquina ha de pasar un autocargador o camión con grúa de carga (con pinza, grapa o similares) recogiendo las pacas para llevarlas al destino (ver Figura 2-11).



Figura 2-11 Camión con remolque y grúa para transporte de pacas.  
(Fuente: autor desconocido)

#### Modelo "WoodPack" de Valmet. (Figura 2 12)

La empacadora WoodPack de Valmet es un vehículo combinado empacadora-autocargador, con ambos desmontables e intercambiables. Esto hace que el órgano empacador de la WoodPack pueda ser llevado por cualquier autocargador de cualquier casa constructora de maquinaria forestal.

La principal diferencia entre este modelo y el modelo anterior es que la empacadora propiamente dicha no es una máquina, si no un órgano de trabajo de una máquina que combina dos: la propia empacadora y unos tendales, además del brazo de grúa y la grapa. La empacadora tiene un coste estimado de 150.000 € (sin contar el autocargador) [2.27]. Las balas producidas ocupan un volumen de 1.5 – 1.6 m<sup>3</sup>, un peso aproximado de 500 kg y una productividad de 20 balas/h. Se estima que la energía consumida en el empacado equivale al 3% de la energía contenida en las pacas.

La empacadora de este modelo, el órgano de trabajo empacador, consiste en un conjunto de rodillos, dispuestos longitudinalmente en el interior de la caja que se monta sobre la base del semichasis trasero del autocargador. La carga es introducida por la parte superior, es comprimida por los rodillos internos y atada. Finalmente el haz de residuos sale por la parte inferior, tras el basculamiento de la caja hacia un lado.

La grapa de esta máquina es también distinta de la del autocargador, con cuatro uñas independientes.

La longitud de la base del semichasis trasero es menor que la de un autocargador estándar. Cuando se instalan los tendales para el transporte de los haces, la caja tiene una longitud de unos 3,5 m.



Figura 2-12 Empacadora modelo "WoodPack" de Valmet  
(Fuente: VALMET)

- **Paca rectangular: modelo "Forestpack" de Notec.**

La empacadora Forestpack dispone de una prensa continua se alimenta con biomasa mediante una grúa montada en el propio vehículo. Un sofisticado proceso hidráulico consigue la compactación del material y su atado según las dimensiones programadas, obteniendo pacas que van quedando en el terreno para su posterior carga y transporte. El equipo de empaquetado es totalmente autónomo.

El peso de la bala varía entre 300 y 700 kg dependiendo del tipo de material y su contenido en humedad. Las medidas de la bala son: ancho de 700 mm, alto de 1.000 mm y largo opcional [2.15].

La operación de la máquina es sencilla. Sólo es necesario un operario que, desde la cabina, y mediante el mando de control, es capaz de manejar la pluma incorporada en la empaquetadora para ir recogiendo el material a embalar.

La pluma introduce la biomasa en un cubículo que, mediante un sistema hidráulico empuja ésta hacia un sistema de rodillos con púas. Los rodillos van recogiendo el material, lo van comprimiendo y le dan la forma rectangular final. La bala se va comprimiendo a medida que se hacen cargas en el cubículo, pero no se finaliza la bala hasta que no hay suficiente material en la máquina, una vez finalizada la bala ésta se ata y es desplazada hasta caer sobre el terreno. Cuanta más biomasa se carga cada vez, aumenta la productividad horaria de la máquina.



Figura 2-13 Empacadora de pacas rectangulares modelo "Forestpack" de Notec  
(Fuente: TRABISA)

### 2.5.2.- Métodos termoquímicos

Según el control de las condiciones del proceso se consiguen productos finales diferentes (ver Figura 2-14), lo que da lugar a los tres procesos principales de la conversión termoquímica de la biomasa:

- **Combustión:** Se produce en una atmósfera oxidante, de aire u oxígeno, obteniendo cuando es completa, dióxido de carbono, agua y sales minerales (cenizas), obteniendo calor en forma de gases calientes.
- **Gasificación:** Es una combustión incompleta de la biomasa a una temperatura de entre 600°C a 1500°C en una atmósfera pobre de oxígeno, en la que la cantidad disponible de este compuesto está por debajo del punto estequiométrico, es decir, el mínimo necesario para que se produzca la reacción de combustión. En este caso se obtiene principalmente un gas combustible formado por monóxido y dióxido de carbono, hidrógeno y metano.
- **Pirólisis:** Es el proceso en la descomposición térmica de la biomasa en ausencia total de oxígeno. En procesos lentos y temperaturas de 300°C a 500°C el producto obtenido es carbón vegetal, mientras que en procesos rápidos (segundos) y temperaturas entre 800°C a 1200°C se obtienen mezclas de compuestos orgánicos de aspectos aceitosos y de bajo pH, denominados aceites de pirólisis.

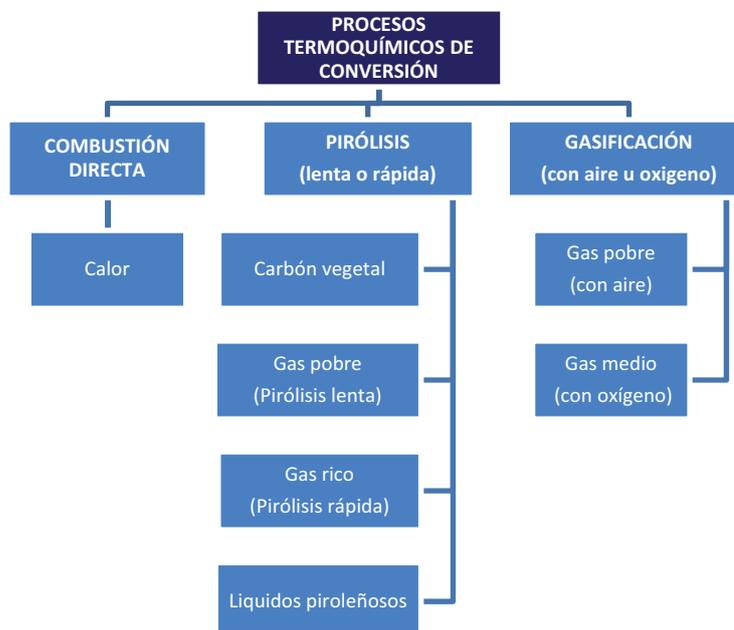


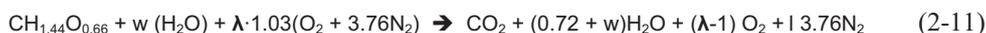
Figura 2-14 Esquema de los principales procesos termoquímicos y sus productos

En los procesos termoquímicos también podría incluirse la licuefacción para obtención de combustible líquidos pero se ha omitido al considerarse en fase de I+D.

A continuación se describirán con mayor detalle aquellas tecnologías que se incluirán en los análisis de viabilidad técnica, económica y ambiental: tecnologías de combustión y tecnologías de gasificación

#### 2.5.2.1.- Tecnologías de combustión

La combustión de biomasa consiste en su descomposición a altas temperaturas (500- 1100°C) en presencia de oxígeno. Como productos de combustión se obtienen anhídrido carbónico, agua, cenizas y otros gases en bajas concentraciones (óxidos de nitrógeno, anhídrido sulfuroso en pequeñas concentraciones, etc.), y liberación de energía en forma de calor. Si consideramos la biomasa como  $CH_{1,44}O_{0,66}$  la reacción de combustión podría representarse mediante la siguiente ecuación:



Donde  $w$  representa el contenido en humedad (en moles) y  $\lambda$  el exceso de aire respecto al teórico estequiométrico. En la combustión de sólidos es habitualmente necesario realizar la combustión con un exceso de aire del 5 – 50%, es decir,  $\lambda$  igual a 1,05 – 1,5.

Como consecuencia de las altas temperaturas existentes en el hogar de combustión, los volátiles se desprenden de la biomasa y arden en fase gaseosa, produciéndose por ello llamas alargadas. Aproximadamente los 2/3 del poder calorífico de la biomasa suele estar contenido en los volátiles

En la combustión se producen varios procesos dentro de la cámara de combustión:

- SECADO: la biomasa introducida pierde su humedad por evaporación ( $T < 200^{\circ}\text{C}$ )
- PIROLISIS: Degradación térmica de la biomasa seca en ausencia de aire. Se genera un sólido carbonoso (CHAR), alquitranes (TAR) y gases ( $\text{H}_2$ , CO,  $\text{CO}_2$ ). ( $T = 200 - 500^{\circ}\text{C}$ ).
- REACCIONES SOLIDO-GAS y GAS-GAS: tanto los sólidos como los alquitranes y gas, procedentes de la pirolisis, reaccionan con el oxígeno disponible y se produce la combustión completa. Pueden producirse otras reacciones intermedias debidos a las distintas especies gaseosas presente y el residuo carbonoso pero la disponibilidad de oxígeno provocara la oxidación completa final a  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$

Los sistemas de combustión industriales (calderas con una potencia calorífica superior los  $2 \text{ MW}_{\text{térmicos}}$  aproximadamente) se clasifican, generalmente, teniendo en cuenta la forma que adopta el combustible mientras se realiza la combustión y se pueden concretar en los siguientes:

- Sistemas de parrillas.
- Combustión en lecho fluido
- Cámara torsionales.
- Hogares rotativos.
- Quemadores de tornillo.

Las tecnologías más extendidas son los sistemas de parrillas (mayoritarios aún en la actualidad) y los sistemas de combustión en lecho fluido.

#### Sistemas de parrillas

La parrilla es una estructura metálica destinada a mantener el combustible en el hogar y facilitar el paso del aire primario de combustión. El área total de las aberturas del emparrillado varía entre el 20 al 40% de la superficie total de la parrilla y depende del tipo de biomasa empleada. Debido al carácter volátil de la biomasa y su rápida descomposición térmica se requiere una inyección de aire secundario para garantizar la combustión completa de dichos volátiles.

La parrilla puede estar refrigerada por aire o por agua y debe estar preparada para la extracción automática y continua de cenizas. Dentro de las tecnologías de parrillas existen diversos grupos o variantes [2.9]:

- **Hogares de parrilla fija**, que son indicados para combustibles biomásicos en los que predominen las partículas pequeñas y de baja humedad.

- **Hogares de parrilla fija inclinada**, adecuados para biomásas de granulometrías y humedades muy heterogéneas. En estos hogares los residuos se deslizan por la parrilla y van produciéndose, consecutivamente, las etapas de secado, pirolisis y combustión, las cenizas son evacuadas en la parte baja de la parrilla.
- **Hogares de parrilla móvil**, apropiados para biomásas con una gran cantidad de cenizas están provistos de un sistema tractor que permite el movimiento de la parrilla y la descarga continua de las cenizas.
- **Hogares de parrilla vibratoria**, que permiten una descarga automática e Intermitente de las cenizas.

#### Combustión en lecho fluido burbujeante

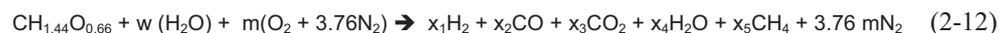
La combustión en lecho fluido o fluidizado consiste en desarrollar la combustión en el seno de una masa de suspensión de partículas de combustible, cenizas y, a veces, un inerte, los cuales son fluidizados por una corriente de aire de combustión ascensional.

En condiciones normáles solamente menos del 5% del lecho es carbonoso; el resto está compuesto de material inerte (arena). Este material inerte proporciona un gran almacén de calor en el hogar, amortiguando el efecto de las posibles fluctuaciones en el poder calorífico del combustible, debidas a las variaciones de humedad o composición del combustible, en la generación del agua caliente, aceite **térmico o vapor**.

#### 2.5.2.2.- *Tecnologías de gasificación*

La gasificación de un sólido es un proceso termoquímico que engloba la descomposición térmica de la materia orgánica y la acción de un gas, que reacciona, principalmente, con el residuo carbonoso procedente de la descomposición térmica.

Si consideramos la biomasa como  $CH_{1.44}O_{0.66}$  la reacción de gasificación podría representarse mediante la siguiente ecuación:



Con respecto a la ecuación (2-11) puede observarse que aparecen varios productos ( $H_2$ ,  $CO$ ,  $CH_4$ ) como fruto de la combustión incompleta, que confieren al gas un poder calorífico aprovechable en motores de combustión, turbinas de gas, calderas y otros. Respecto al aire teórico de combustión la gasificación requiere un 25-35% del oxígeno necesario para la combustión completa.

En gasificadores comerciales el agente gasificante suele ser aire y el poder calorífico del gas obtenido es de 4500 - 5500 kJ/Nm<sup>3</sup>. La composición (% en volumen) aproximada del gas producido es de 15 – 25%  $CO$ , 5 – 20%  $H_2$ , 1 – 5%  $CH_4$  y el resto  $CO_2$  y  $N_2$ .

El gas obtenido está lejos de cumplir las especificaciones requeridas por las turbinas o motores, tanto en el contenido en metales alcalinos, como de partículas y alquitranes que pueden dañar la maquinaria.

Como ejemplo se cita que la mayoría de fabricantes de motores y turbinas de gas fijan el siguiente contenido máximo de alquitranes:

- Motores de gas: 10-100 mg/Nm<sup>3</sup>
- Turbinas de gas: 0,5-5 mg/Nm<sup>3</sup>

Como se verá en este punto el contenido de alquitranes en los gases producidos directamente de los distintos tipos de gasificador es mucho mayor que estos valores y será necesario limpieza y acondicionamiento de dichos gases.

Aunque hay multitud de tipos de gasificadores (lecho fijo de corrientes paralelas, contracorriente, flujo cruzado, lecho fluido burbujeante, lecho fluido circulante,..) se describirán aquí aquellas tecnologías más disponibles en la actualidad: la gasificación en lecho fluido burbujeante y la gasificación en lecho fijo en corrientes paralelas.

#### Gasificación en lecho fijo descendente o downdraft

Este tipo de gasificador se caracteriza porque, tanto la biomasa como el gas producto, describen una trayectoria descendente dentro del reactor. La biomasa se introduce por la parte superior y según va descendiendo por el interior del gasificador experimenta las etapas de secado, pirólisis, reducción y combustión (ver Figura 2-15).

El residuo carbonoso, los gases y alquitranes formados en la etapa de pirólisis descienden hasta la zona de oxidación, y se produce la combustión parcial con el oxígeno introducido, proporcionando la energía necesaria para mantener térmicamente el proceso. Estos productos sufren las reacciones de reducción, obteniéndose finalmente el gas producto (también llamado gas de síntesis, gas de madera ó syngas), que abandonará el gasificador, por la parte inferior e ira hacia la etapa de limpieza y acondicionamiento del gas para su consumo.

La zona de combustión puede alcanzar temperaturas en el rango 100 -1300°, este hecho provoca que la cantidad de alquitranes en el gas producido sea baja ya que estos hidrocarburos de cadena larga se rompen en compuestos más sencillos (CO, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, ...) por efecto de las altas temperaturas (craqueo térmico)

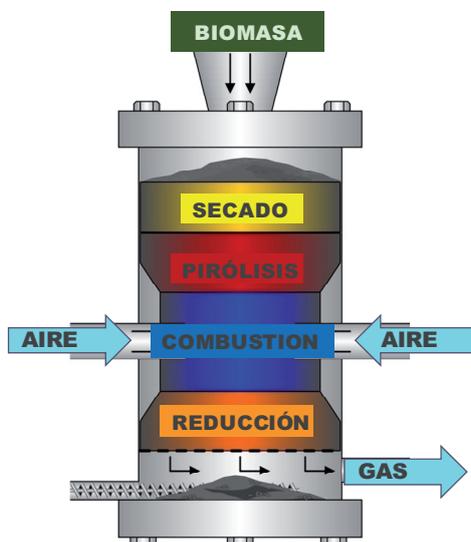


Figura 2-15 Esquema de un gasificador tipo downdraft  
(Fuente: adaptación de <http://www.infiniteenergyindia.com/biomass-gasifiers.html>)

Algunas de las principales propiedades de este tipo de gasificadores son:

- Tecnología probada, simple y de bajo coste.
- Requiere de una alimentación de baja humedad (<20%).
- El gas de síntesis sale a alta temperatura por lo que se requiere de un recuperador de calor.
- Conversión del carbono 92 - 96 %, es decir el 4-8% del carbono permanece sin transformarse (se produce carbón vegetal además del gas)
- Bajo contenido en alquitranes < 1 g/Nm<sup>3</sup>.
- Contenido en partículas 0.1 – 6 g/Nm<sup>3</sup>.
- Aplicación en motores, quemadores y otros.
- Alimentación biomasa 10 - 800 kg/h. Habitualmente limitado a plantas de generación de potencia eléctrica inferior a 1 MW, aunque es modular y puede alcanzar potencias mayores.
- Gas de salida a 600 – 800 °C.

### Gasificación en lecho fluido burbujeante

De manera similar a lo descrito en la combustión en lecho fluido burbujeante las reacciones se producen en el seno de un material inerte (mezcla de arena y cenizas de la propia biomasa) que se mantiene fluidizado mediante el agente gasificante (habitualmente aire, aunque puede ser aire enriquecido, oxígeno ó vapor de agua). No existen unas zonas definidas del reactor en las que se lleven a cabo los diferentes procesos (secado, pirolisis,...) sino que todos ellos tienen lugar simultáneamente.

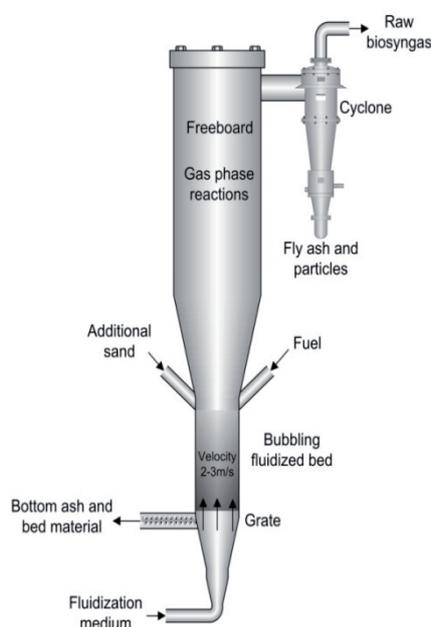


Figura 2-16 Esquema de un gasificador de lecho fluido burbujeante.  
(Fuente: [2.26])

Algunas de las principales propiedades de este tipo de gasificadores son:

- Tecnología innovadora, de mayor coste, alta capacidad (kg sólido/m<sup>3</sup> reactor) y complejidad.
- T<sup>a</sup> bastante uniforme en todo el reactor y en el gas producto.
- Acepta partículas de muchos tamaños, incluyendo finos. Humedad hasta 50%.
- Contenido en alquitranes intermedio 2 – 20 g/Nm<sup>3</sup>. Partículas 10 – 100 g/Nm<sup>3</sup>.
- Alta tasa de transferencia de calor entre las partículas inertes, el combustible y el gas.
- Conversión alta del carbono (94 - 96%).
- Aplicación en motores, quemadores y otros.

- Alimentación biomasa >600 kg/h. Pueden construirse equipos mucho más pequeños pero los elevados costes debidos a la complejidad de la tecnología aconsejan tamaños de planta medios o grandes.

### 2.5.3.- Métodos biológicos

#### ▪ La digestión anaerobia: Obtención de biogás

Es un proceso biológico mediante el cual la materia orgánica, en ausencia de oxígeno y por medio de determinadas bacterias, se degrada en una serie de productos gaseosos (biogás) y otros compuestos. El biogás contiene un alto porcentaje de metano (55-65%), por lo que puede ser aprovechado energéticamente. En los otros compuestos se encuentran componentes minerales (P, K, Ca,...) y otros productos de difícil degradación.

Así pues, en el proceso de digestión anaerobia la contaminación orgánica es transformada por la acción de microorganismos en: biogás, materias orgánicas degradadas que continúan en disolución y en nuevos microorganismos.

La composición del biogás generado depende de muchos factores, entre ellos destaca el tipo de biomasa a tratar y el proceso de digestión realizado, así, el contenido de metano suele estar comprendido entre el 55 y el 65% (ver Tabla 2-X).

Tabla 2-X. Composición del biogás

Componentes	Composición (% en volumen)
CH <sub>4</sub>	55-65
CO <sub>2</sub>	35-45
H <sub>2</sub>	1-1,5
N <sub>2</sub> (NH <sub>3</sub> )	1-3,0
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (H <sub>2</sub> S)	0,5-1,0
Vapor de agua	-

Fuente:[1.3]

Las tecnologías anaeróbicas utilizadas en la biodegradación de residuos se clasifican en dos grandes grupos: de baja y de alta concentración de sólidos, denominándose respectivamente procesos húmedos y secos. La realidad es que los dos tipos de procesos se llevan a cabo en un medio acuoso, y por tanto, húmedo. Dentro de cada uno de estos dos grupos, el rango de temperaturas puede ser mesófilo (de 30 a 38°C) y termófilo (de 55 a 60°C).

▪ **La fermentación alcohólica: Obtención de bioetanol**

El alcohol etílico o etanol es un producto químico obtenido a partir de la fermentación de los azúcares que se encuentran en los productos vegetales, tales como cereales, remolacha, caña de azúcar o biomasa. Estos azúcares están combinados en forma de sacarosa, almidón, hemicelulosa y celulosa.

Principalmente se utilizan tres familias de productos para la obtención del alcohol:

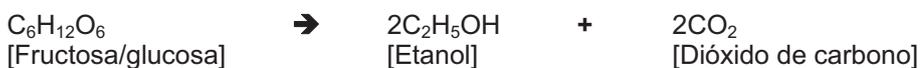
- Azúcares, procedentes de la caña o la remolacha.
- Cereales, cuyo almidón es transformado en azúcares y estos pueden ser fermentados como los anteriores.
- Biomasa, cuya celulosa y hemicelulosa es transformada en azúcares y estos pueden ser fermentados.

Los residuos de biomasa contienen mezclas complejas de carbohidratos, llamados celulosa, hemicelulosa y lignina. Para obtener los azúcares de la biomasa, esta es tratada con ácidos o enzimas que facilitan su obtención. La celulosa y hemicelulosa son hidrolizadas por enzimas o diluidas por ácidos para obtener sacarosa, que es entonces fermentada. Tres son los principales métodos para extraer estos azúcares: la hidrólisis con ácidos concentrados, la hidrólisis con ácidos diluidos y la hidrólisis enzimática.

La fermentación de los azúcares es llevada a cabo por levaduras que hacen que sacarosa, fructosa y glucosa se transformen finalmente en etanol y CO<sub>2</sub>. La levadura contiene una enzima llamada invertasa, que actúa como catalizador ayudando a convertir los azúcares (sacarosa) en glucosa y fructosa (ambos C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>):



La fructosa y la glucosa reaccionan con otra enzima llamada zimasa, que también está presente en la levadura para producir el etanol y dióxido de carbono como muestra la siguiente reacción:



## **2.6.- Balance energético y ambiental del uso de la biomasa con fines energéticos**

La biomasa es la materia orgánica, tanto de origen vegetal como si ha sido transformada por animales o el ser humano. La energía contenida en la biomasa procede del sol, las plantas aprovechan la radiación solar para convertir dióxido de carbono y agua en compuestos de carbono (biomasa). En la combustión de estos compuestos se libera la energía encerrada en sus moléculas como calor. Ésta combustión sólo puede emitir la misma cantidad de CO<sub>2</sub> que la que la planta ha acumulado al largo de su vida, por lo que se considera como una fuente de energía de balance neutro en cuanto a emisiones de gases de efecto invernadero. Pero, en realidad, esto debe matizarse ya que esto es así, sólo cuando la vegetación se renueva a la misma velocidad con la que es consumida. En cualquier caso, se debe considerar la energía utilizada al recogerla, transformarla y transportarla. En el caso de cultivo energético se debe incluir también en el balance todos los inputs energéticos del ciclo de cultivo.

En este apartado se describirán brevemente los balances energéticos y ambientales que suelen aplicarse a cultivos agrícolas energéticos y , posteriormente, se realizarán algunas consideraciones aplicables a estos balances en el caso de considerar biomasa residual ó, en general, cualquier biomasa procedente de un cultivo cuyo objetivo prioritario no es el aprovechamiento energético.

Es importante destacar que, puesto que el impacto ambiental de los distintos combustibles (carbón, gas natural, diesel,...) y electricidad consumida en los procesos de cultivo y transformación de la biomasa es distinto, para realizar el balance de emisiones de CO<sub>2</sub> se deberán realizar las consideraciones pertinentes en cuanto a combustible utilizado en cada operación y fuente de energía o combinación de ellas utilizadas para la generación de la electricidad consumida durante el proceso de cultivo o transformación de la biomasa. Estas consideraciones describen en detalle en el siguiente capítulo de esta tesis.

Las principales actividades consumidoras de energía en la agricultura moderna son la mecanización, los fertilizantes inorgánicos (en su etapa de fabricación) y, en menor medida, el riego, transporte agrícola y los pesticidas. Paralelamente, estas actividades son las responsables de emisiones de CO<sub>2</sub> debido a los combustibles utilizados directa o indirectamente para cubrir las necesidades energéticas de cada actividad ó producto.

### **2.6.1.- Cultivos energéticos para biocarburantes.**

Cuando se realiza un cultivo para obtener biomasa transformable en energía el balance energético es muy importante. Un cultivo energético debe caracterizarse por un balance energético positivo; es decir, producir más energía que la que se consume en su cultivo y recolección, obviamente, sin contabilizar, la energía solar utilizada.

El balance energético de un cultivo puede expresarse en valores absolutos de energía neta ganada o perdida, procedente de la diferencia entre SALIDAS y ENTRADAS de energía y expresada, por ejemplo, en megajulios por hectárea (MJ/ha), o en valores relativos, como Eficiencia Energética del cultivo, expresada como el cociente entre SALIDAS y ENTRADAS de energía.

### Balance energético de los cultivos para biocarburantes

En la Figura 2-17 se observa como el principal consumo energético del ciclo total de cultivo para la producción de cereales y oleaginosas (materia prima para la producción de bioetanol y biodiesel respectivamente) proviene de la fabricación de los fertilizantes utilizados. La energía utilizada para producir estos fertilizantes supone, aproximadamente, el 60% de la energía consumida en todo el ciclo de cultivo.

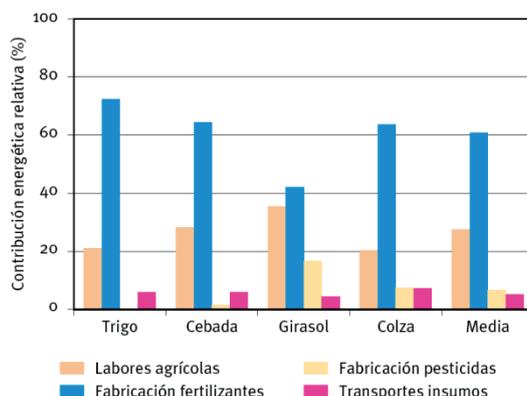


Figura 2-17 Contribución energética relativa (%) de los principales componentes de la producción agrícola para distintos cultivos.

(Fuente: "Análisis del ciclo de vida de combustibles alternativos para el transporte". Ministerio de Medio Ambiente, Ministerio de Educación y Ciencia y Ciemat, (2005-2006))

### **2.6.2.- Cultivos energéticos para biomasa sólida**

Las entradas de energía a tener en cuenta, en este caso, en el cultivo y su recolección son mano de obra, abonos, fitosanitarios, semillas, maquinaria agrícola (consumo de combustible y gastos energéticos de su fabricación y mantenimiento), y material de construcción y riego (consumo de energía en motores y en la fabricación de equipos). La producción total de energía (outputs) se calcula a partir de la producción de biomasa recolectable (biomasa útil o de valor comercial) obtenida en el cultivo y el poder calorífico de la misma.

Al igual que en el punto anterior debe tenerse en cuenta las entradas de energía que han sido necesarias a lo largo del cultivo. En la Figura 2-18 se muestra, para

el cultivo de la brásica, cual ha sido la distribución de energía utilizada durante el ciclo de cultivo. En esta figura puede observarse cómo, de nuevo, en estos cultivos para obtención de biomasa lignocelulósica el mayor consumo energético es el atribuido a la fabricación del fertilizante nitrogenado.

En este caso se debe prestar una atención especial al transporte de la biomasa, ya que por su baja densidad tiene un peso más significativo en el balance energético que cuando se trata de semillas oleaginosas o frutos azucarados.

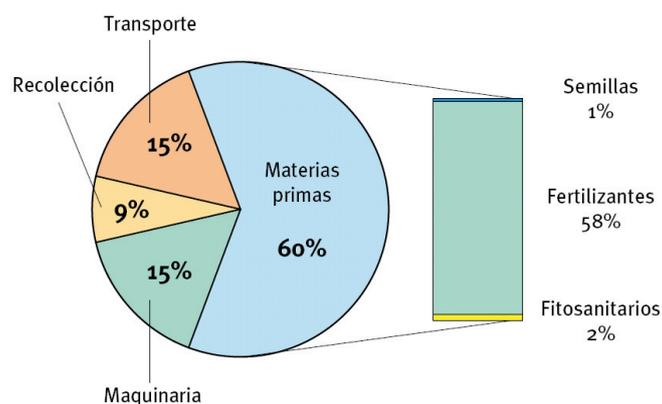


Figura 2-18 Distribución de energía utilizada en la producción de biomasa con Brásicas  
(Fuente: Ciemat, Proyecto Bioelectricity)

Como cultivos de interés para la producción de calor y/o electricidad cabe citar el cardo (*Cynara cardunculus*), la *Brassica napus* (colza), *Brassica carinata* y los cereales (cultivos de secano) y el *Sorghum bicolor* (sorgo) como cultivo de regadío. Estos cultivos presentan balances energéticos positivos con una relación media output/input en torno a 6-8 para las brásicas y cereales y superior a 10 para el sorgo.

Considerando todo el ciclo de vida, del campo al kWh en la red eléctrica, el balance absoluto es positivo (1.500-2.000 MJ/tms) y el relativo, o eficiencia energética global, muestra entre 1,5 y 2,5 veces superior la energía producida que la consumida en todo el proceso [2.18].

### 2.6.3.- Biomasa residual

En el caso de la biomasa residual de origen forestal, agrícola ó agroalimentario el balance energético debe sólo contemplar los consumos energéticos derivados de su aprovechamiento energético ya que los consumos energéticos del cultivo deben imputarse al fruto obtenido ya que este es el principal objetivo de estos cultivos.

Los residuos agrícolas más representativos son los procedentes de cultivos herbáceos, como la paja de los cereales, restos de cultivos hortícolas o restos de cultivos industriales (oleaginosos, algodón, tabaco,...) y los procedentes de cultivos

leñosos, como los restos de podas o del levantamiento de cultivos (plantas viejas, enfermas, tocones,...). Merecen también mención los residuos procedentes de industrias agroalimentarias por su potencial energético, ya que llegan a alcanzar cifras considerables y pueden constituir un verdadero problema para la industria.

Los residuos forestales más representativos son aquellos que provienen del mantenimiento y limpieza del monte, explotaciones madereras e industrias de transformación de la madera.

Tanto en los residuos agrícolas y agroalimentarios como en los forestales. El transporte es uno de los factores clave para obtener balances energéticos y emisiones GEI<sup>1</sup> evitadas favorables. Para reducir el coste energético del transporte, y normalmente también el coste económico, es recomendable:

- Densificar la biomasa en origen lo más posible mediante empacado o astillado previo.
- Posibilitar al máximo el secado natural en origen de los residuos.
- Plantas de tratamiento próximas a los centros de producción de los residuos
- Estandarizar el sistema de transporte para conseguir optimizar el coste energético por tonelada

#### **2.6.4.- Procesos de transformación asociados al aprovechamiento energético de la biomasa**

En los puntos 2.6.1 a 2.6.3 se han mostrado los aspectos y matices a tener en cuenta para realizar el balance energético (y por tanto, de emisiones) de los distintos tipos de biomasa (y biocarburantes) para situar la materia prima biomásica a “pié de planta”. No obstante, una vez en la planta, éstas biomasas pueden sufrir diferentes transformaciones posteriores y aprovechamientos energéticos finales.

Las transformaciones físicas posteriores como el triturado ó astillado, densificado (peletizado, briquetado,...), secado artificial u otros pueden suponer un consumo de energía que debe contabilizarse en el balance global.

Las transformaciones biológicas y termoquímicas pueden suponer también un consumo de energía y una eficiencia energética, cuando el poder calorífico del producto (biocarburante, gas de síntesis, biogás, aceites de pirólisis,...) es inferior al de la biomasa procesada.

---

<sup>1</sup> Gases de efecto invernadero

## **2.7.- Metodologías de evaluación y gestión de recursos de biomasa para su aprovechamiento energético.**

La evaluación de los recursos de biomasa ha sido tratada por diversos autores a nivel nacional, europeo y mundial. Debido a la especificidad de los cultivos y evidente impacto de la climatología se han tenido en cuenta, sobretudo, la bibliografía y estudios realizados a nivel nacional y correspondiente al arco mediterráneo.

A nivel nacional el PER 2005-2010, y coincidiendo con diversos autores (Sala Lizarraga, 2002 [2.9]) utiliza una clasificación de los tipos de biomasa agrupando en seis tipos bien diferenciados que, para su evaluación, pueden desglosarse con mayor detalle cómo se describirá en capítulos posteriores. Estos seis tipos son:

- Tipo 1: Residuos forestales.
- Tipo 2: Residuos agrícolas leñosos.
- Tipo 3: Residuos agrícolas herbáceos.
- Tipo 4: Residuos de industrias forestales.
- Tipo 5: Residuos de industrias agrícolas / agroalimentarias
- Tipo 6: Cultivos energéticos.

En España, se han realizado evaluaciones muy detalladas en el ámbito forestal (residuos tipo 1 y tipo 4) debido, en gran medida, a la amplia información disponible en los inventarios forestales y a la bibliografía disponible sobre el tradicional aprovechamiento maderero para fines no energéticos [2.19]. En estudios detallados como los realizados dentro del proyecto BIOSOUTH [2.20] se cuantifican los residuos forestales en base a la especie (o agrupación de especies) y parámetros como el número de árboles y el diámetro del tronco. En estudios más generales ([2.8],[2.21]) la generación de residuos forestales se calcula en base a la superficie arbolada forestal y resultados de las labores forestales realizadas en años anteriores.

En el caso de residuos agrícolas (residuos tipo 2, tipo 3 y tipo 5) diversos autores ([2.8],[2.13],[2.14]) cuantifican la producción de residuos en base a la especie cultivada (cítrico, olivo, vid, almendro, trigo, cebada...) y para su evaluación se utilizan ratios que relacionan la generación de residuos con la superficie cultivada (habitualmente para residuos agrícolas leñosos), con el fruto producido (muy extendido su uso para cereales) y, para el caso de residuos de industrias agrícolas/agroalimentarias, la evaluación de los residuos se estima a partir de la materia prima procesada o la cantidad de producto acabado producido.

En la bibliografía citada en los dos párrafos anteriores cabe destacar que todos los autores proporcionan metodologías para estimar la cantidad teórica de residuos producida pero también, prácticamente todos ellos, coinciden en que conviene tener en cuenta, a la hora de estimar el potencial real de la biomasa como recurso energético aprovechable en una zona de estudio, la disponibilidad de esta biomasa frente a otros usos ó alternativas de gestión. Además, estas metodologías basan, en gran medida, la viabilidad económica en la disponibilidad

de recursos de biomasa dando nulo o poco peso otros condicionantes que se comentará posteriormente en este apartado.

Respecto al potencial teórico de biomasa calculado debe tenerse en cuenta que:

- Un porcentaje de la biomasa residual estimada podría no estar disponible debido a que estos residuos pueden tener en la actualidad otros usos que compiten con el aprovechamiento energético [2.14], ó alternativas de gestión incompatibles con el aprovechamiento energético como la incorporación de los residuos al propio suelo agrícola como fertilizante [2.18].

- La recogida de algunos tipos de biomasa residual puede presentar una baja viabilidad económica (por difícil accesibilidad, elevadas pendientes, tamaños de parcela pequeños,...) aunque esté disponible y, por tanto, su aprovechamiento es muy cuestionable [2.14],[2.18],[2.19].

La adecuada u óptima gestión de los recursos de biomasa mediante una planta de aprovechamiento energético debe tener en cuenta otros datos, además de la cantidad de recursos disponibles, como los costes de transporte, los costes de la instalación, los potenciales consumidores de la biomasa, balance de emisiones del proceso de aprovechamiento, y tecnologías de aprovechamiento disponibles y sus limitaciones,

Los costes de transporte dependen de la ubicación de la planta y, puesto que en el momento de hacer el estudio la planta no está ubicada, la definición de la localización de la planta es parte del proceso de optimización de estos costes. Marcos F. [2.11] describe que la localización óptima de una planta de biomasa debe tener en cuenta los costes de transporte de la biomasa hasta la planta pero también los costes asociados la distribución del biocombustibles generado (astillas, pellets,...) hasta el consumidor final, o al menos, tener en cuenta la presencia de consumidores cerca de la planta de biomasa para asegurar que se minimizan los costes de distribución.

La alternativa de aprovechamiento energético o producto energético final obtenido en la planta de biomasa (generación de electricidad, cogeneración, aprovechamiento térmico, producción de pellets o astillas,...) está ligada, también, con el tipo de consumidor final como se sugiere en algunos proyectos recientes en el ámbito de la biomasa ([2.20],[2.22]). En el propio PER [2.6] se proporciona un mapa de ubicación de las distintas centrales de carbón ya que, evidentemente, la alternativa de co-combustión de carbón con biomasa depende de la disponibilidad (a una distancia razonable) de una de estas centrales.

Masera et al [2.23] proporciona una metodología en la que para biomasa de origen forestal (en formato leña) se analiza la viabilidad y sostenibilidad de su gestión teniendo en cuenta la disponibilidad de recursos y la demanda local, principalmente, del sector doméstico en aplicaciones térmicas (calefacción, agua caliente, cocinas, no se consideran otras aplicaciones energéticas ni otros posibles consumidores). En esta metodología se indica, de manera cualitativa, en que zonas la viabilidad es mayor.

Las características de las tecnologías de aprovechamiento de biomasa (gasificación acoplada a motor de combustión interna, ciclos basados en caldera

de vapor más turbina, ciclos combinados, ...) presentan limitaciones y costes de instalación que pueden propiciar que, para una escala (cantidad de biomasa concreta a procesar) con propiedades conocida, alguna de las alternativas presente mayor viabilidad que otra, ó que alguna de las alternativas no sea viable.

Voivontas et al [2.24] presenta una metodología en la que de manera simplificada se introduce el impacto de la escala en la tecnología seleccionada. Esta metodología muestra dos escenarios de distinta potencia (10 y 20 MW) en la que se considera que la eficiencia es una 25% mayor y los costes de inversión específicos (en Euros por kW de potencia nominal instalado) un 15% menores cuando se duplica la potencia de la planta. No obstante esta metodología no incluye diversas tecnologías para comparar entre ellas y los costes y la eficiencia de la planta no son una función continua para cualquier potencia sino dos valores discretos.

Caputo et al [2.25] proponen diversas funciones matemáticas que relacionan la eficiencia y los costes específicos de la instalación con el tamaño de la planta (en el rango 5 – 50 MW) y analizan la viabilidad económica de la planta para distintos costes de adquisición de la biomasa. En esta metodología se observa como la eficiencia se incrementa y los costes disminuyen para tamaños de planta crecientes, sin embargo no es una metodología integral en el sentido que no realiza la evaluación de la cantidad de biomasa disponible ni su coste de transporte para un área determinada. Además conviene resaltar que para alcanzar mayor tamaño de planta la tendencia es recorrer mayores distancias de transporte que, por tanto, encarecen el coste específico de la biomasa puesta a pié de planta. Se observan aquí que pueden no ser independientes los costes de transporte y el tamaño de planta seleccionado.

Las metodologías citadas en los dos párrafos anteriores, (Voivontas et al [2.24], Caputo et al [2.25]) fijan la aplicación energética como plantas de generación de electricidad sin comparar con la viabilidad económica (ni ambiental) de otras alternativas como la cogeneración o la producción de pellets.

## 2.8.- **Bibliografía del capítulo**

- [2.1] DE CARA A LA ESCASEZ: *Gestión del agua, la energía y el suelo para un crecimiento incluyente y sostenible*. Unión Europea, 2012. SBN 978-92-79-23162-9, doi:10.2841/41393.
- [2.2] Echarri Prim, Luís , *CIENCIAS DE LA TIERRA Y DEL MEDIO AMBIENTE* (E-book), Editado por TECNUM, 2007.
- [2.3] Órtiz Torres, Luís, *Manual de gestión y aprovechamientos forestales de los productos maderables*, Pontevedra : A. de la Mata, D.L. 1996 (Vigo : Gamesal), ISBN: 84-921993-0-X.
- [2.4] Arnaldos Viger, Josep ... [et al ]. *Manual de Ingeniería Básica para la Prevención y extinción de incendios forestales*. MUNDI-PRENSA LIBROS, S.A., 2004 ISBN 9788484761204.
- [2.5] Órtiz Torres, Luís, *Energías xilogeneradas*, Tórculo Edicions, 1994, ISBN 84-88967-26-8.
- [2.6] Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Secretaría general de Energía. Dirección general de política energética y minas. Plan de Energías Renovables 2005-2010 (PER). <http://www.mityc.es/energia/desarrollo/EnergiaRenovable/Plan/Paginas/planRenovables.aspx>
- [2.7] *Estudio del Impacto Macroeconómico de las Energías Renovables en España. AÑO 2010*. Deloitte, Edita: Asociación de Productores de Energías Renovables | APPA.
- [2.8] Juana Sardón, José María de ... [et al.], *Energías renovables para el desarrollo* Madrid: ITES-Paraninfo, 2003. ISBN 84-283-2864-1.
- [2.9] Sala Lizarraga, José María, López González, Luis María, *Plantas de valorización energética de la biomasa*. Logroño : Ochoa, 2002. ISBN 84-7359-545-9.
- [2.10] Mujal Rosas, Ramón. *Tecnología Eléctrica*, Ediciones Upc (2003/09) ISBN: 8483017164
- [2.11] Marcos Martín, Francisco. *Biocombustibles sólidos de origen forestal*. AENOR. Madrid. 2001. ISBN: 84-8143-272-5.
- [2.12] Zainal, Z. A., et. al., Prediction of Performance of a Downdraft Gasifier Using Equilibrium Modeling for Different Biomass Materials, *Energy Conversion and Management* 42 (2001), 12, pp. 1499-1515.
- [2.13] *La biomasa, fuente de energía y productos para la agricultura y la industria*, Junta de Castilla y León, Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas, Madrid 1996, ISBN: 8478343083.
- [2.14] EUBIONET (2003), *Biomass survey in Europe. Country report of Greece*, European Bioenergy Network. European Energy Exchange. Available in: <http://www.eubionet.net/>.
- [2.15] *Biomasa: Maquinaria agrícola y forestal*. IDAE, 2007. ISBN-13: 978-84-96680-18-0.
- [2.16] *Ahorro, Eficiencia Energética y Fertilización Nitrogenada*. IDAE, Madrid, 2007 ISBN: 978-84-96680-13-5.

- [2.17] *Análisis del ciclo de vida de combustibles alternativos para el transporte*, Ministerio de Medio Ambiente, Ministerio de Educación y Ciencia y Ciemat, Madrid, 2005 ISBN: 84-8320-312-X.
- [2.18] *Ahorro y Eficiencia Energética en los Cultivos Energéticos y Agricultura*, IDAE, Madrid, 2009. ISBN: 978-84-96680-43-2.
- [2.19] Madrigal Collazo, A., Álvarez González, J.G., Rodríguez Soalleiro R., Rojo Alboreca, A., *Tablas de producción para los montes españoles*, Madrid, Editorial: Fund. Conde del Valle de Salazar, 1999.
- [2.20] BIOSOUTH, *Techno-Economical assessmen of the production and use of biofuels for heating and cooling applications in South Europe*, EIE/255/S07.38609. [www.bio-south.com/](http://www.bio-south.com/)
- [2.21] *Energías renovables y medio ambiente*, Madrid : Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, 1982.
- [2.22] Proyecto "Pellets for Europe" (ALTENER 2002-012-137-160) <http://www.pelletcentre.info>
- [2.23] Masera, O., Guilardi, A., Drigo, R., Trossero, M.A., WISDOM: A GIS-based supply demand mapping tool for woodfuel management, *Biomass & Bioenergy* 30 (2006) pp. 618-637.
- [2.24] Voivontas, D., Assimacopoulos, D., Koukios, E.G., Assessment of biomass potencial for powr production: a GIS based method, *Biomass & Bioenergy* 12 (2001) pp. 101-112.
- [2.25] Caputo, A.C. Palumbo, M, Pelagagge, P.M, Scaccia, F., Economics of biomass energy utilization in combustion and gasification plants: effects of logistic variables, *Biomass & Bioenergy* 28 (2005) pp. 35-51.
- [2.26] Olofsson, I., Nordin, A., Soderlind, U., *Initial Review and Evaluation of Process Technologies and Systems Suitable for Cost-Efficient Medium-Scale Gasification for Biomass to Liquid Fuels*. Technical Report for University of Umea: Umea, Sweden, 2005.
- [2.27] <http://www.abc-wood.com>, ENCICLOPEDIA - FORESTAL - MAQUINARIAS FORESTALES.

## CAPÍTULO 3

---

### METODOLOGÍA DESARROLLADA PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DE RECURSOS BIOMÁSICOS

---

#### 3.1.- Planteamiento y esquema general de la metodología general.

Las fuentes de biomasa son muy diversas, pueden provenir de fuentes naturales, de residuos de actividades agrícolas e industriales, y de plantaciones agroenergéticas. En la presente metodología se hará especial hincapié en los residuos directamente combustibles / gasificables o “biomasa seca” con moderado contenido de humedad (típicamente < 50-60%).

La metodología debe proporcionar una herramienta de evaluación de los recursos de biomasa (biomasa agrícola, forestal, agroindustrial y cultivos energéticos) y de análisis de la viabilidad económica, tecnológica y ambiental de distintas alternativas de aprovechamiento. Aunque se han encontrado en la bibliografía metodologías que resuelven total o parcialmente alguna de estas necesidades de análisis, no se ha encontrado ninguna que considere de manera integrada todos los aspectos relacionados con la caracterización de los recursos de biomasa, los costes de transporte, la viabilidad económica y tecnológica de las distintas alternativas de aprovechamiento, y el balance de emisiones del proceso global de aprovechamiento.

Esta metodología incluye por una parte la cuantificación y la caracterización de los recursos de biomasa y, por otra parte, un proceso de optimización en dos etapas:

**Etapa 1:** Evaluación y pre-selección de las mejores ubicaciones desde el punto de vista de logística y transporte.

**Etapa 2:** Selección de la mejor o mejores aplicaciones teniendo en cuenta la ubicación de posibles consumidores de biomasa para aplicaciones energéticas, las características de los recursos existentes y las mejores tecnologías de aprovechamiento disponibles.

Los distintos módulos de la metodología se describen brevemente a continuación:

- M1 - Módulo de fuentes de biomasa: se identifican las principales fuentes de biomasa y se evalúa cantidad, características, ubicación, estacionalidad y disponibilidad de este recurso.
- M2 - Módulo de logística: se evalúan las posibles estructuras logísticas, tecnologías, costes y emisiones de transporte para identificar ubicaciones óptimas o evaluar ubicaciones de interés.

- M3 - Módulo de tecnologías de aprovechamiento de biomasa: caracteriza las distintas tecnologías de aprovechamiento en cuanto a eficiencia energética, costes y restricciones.
- M4 - Módulo de Demanda: Evalúa la demanda energética en segmentos seleccionados por su elevado potencial y presencia en todos los ámbitos geográficos y grandes consumidores para aplicaciones de cogeneración. Esta demanda se tendrá en cuenta por su posible impacto en la aplicación energética potencial de los recursos de biomasa.
- M5 - Módulo de Emisiones e impacto ambiental: evalúa las emisiones en el transporte y pre-tratamiento de la biomasa, así como el ahorro de emisiones debido a la generación de electricidad y/o calor y/o biocombustibles sólidos)
- M6 - Módulo de optimización y análisis de escenarios: en este módulo se puede fijar el criterio de optimización (máxima viabilidad económica, máximo ahorro de emisiones,...) y restricciones sobre el resto de módulos (fuentes de biomasa disponibles, tecnologías de interés, distancias máximas de transporte...) que representen la situación actual de la zona de estudio o un posible escenario futuro.

El esquema general de la metodología se detalla en la Figura 3-1:

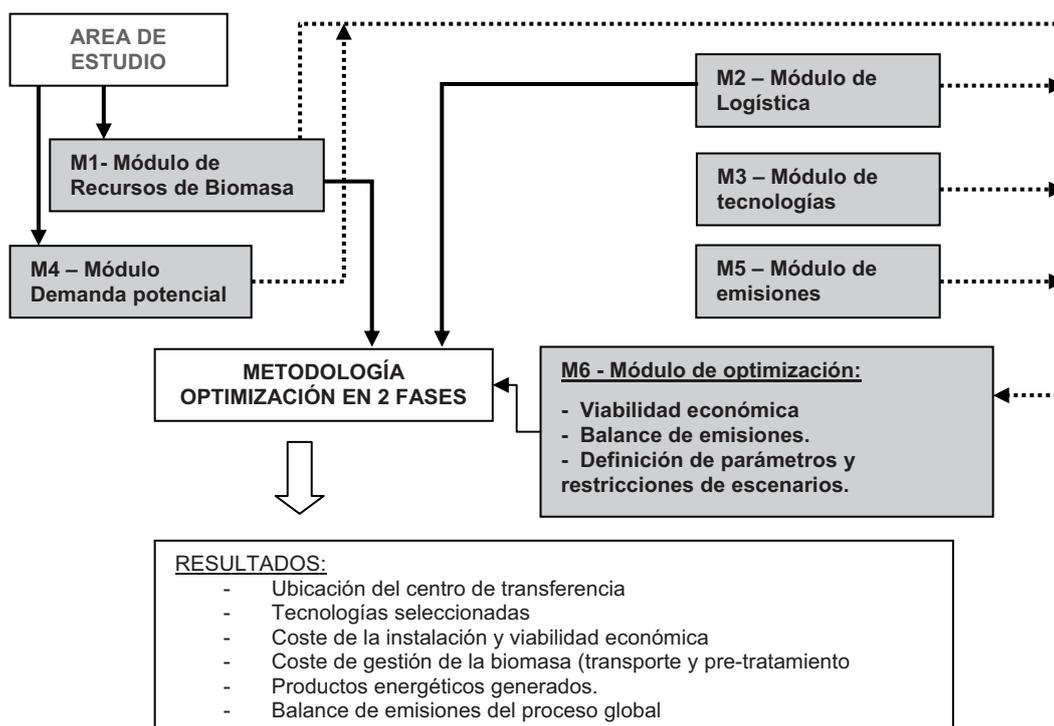


Figura 3-1 Esquema general de la metodología empleada para optimizar el aprovechamiento energético de biomasa

### 3.2.- Módulo de fuentes de biomasa

La cuantificación y caracterización de los recursos de biomasa está dividida en los siguientes bloques:

#### 1. Identificación, Tipificación y caracterización previa.

La clasificación general más utilizada está basada en identificarlos y caracterizarlos de acuerdo con su procedencia, distinguiendo:

- Bosques (Tratamientos silvícolas: claras, clareos, desbroces, cortafuegos )
- Residuos agrícolas / agrarios ( paja de cereal, restos de poda, ganadería )
- Residuos del sector madera y mueble. ( serrines, virutas, piezas defectuosas )
- Residuos del sector agroalimentarios. ( cascarilla, semillas, hueso )
- Cultivos energéticos.

La caracterización puede basarse en datos directos, análisis específicos, informes sectoriales y bases de datos europeas elaboradas para tales fines (PHYLLIS, Database for biomass and waste y BIOBIB - A Database for biofuels), estas presentan amplia tipología, información y elevada fiabilidad. Serán muy importantes para su gasificación / combustión, pre-tratamiento y aprovechamiento energético en general los siguientes parámetros básicos.

- Humedad, cenizas y contenido en volátiles
- Poder calorífico superior e inferior.

Otros parámetros de interés para estudiar la viabilidad de aplicaciones energéticas son los siguientes:

- Densidad aparente del material astillado y distribución granulométrica.
- Análisis elemental (C, H, O, N, S, Cl)
- Análisis de elementos inorgánicos de la biomasa (Si, Ca; K, Mg, Na, Al, Fe, P, S, Ba, Mn, Sr, Ti y Zn) presentes en las cenizas.

***Cuando se utilizan diversos tipos de biomasa en una misma planta se hallarán las propiedades promedio de la biomasa. El promedio se ponderará en base a la masa disponible de cada uno de los aportes de biomasa.***

#### 2. Cuantificación aproximada de biomasa disponible.

La cuantificación se realizara mediante datos directos de estudios precedentes y estimaciones basadas en coeficientes de generación superficial, generación de residuos en función de la producción agrícola o en función de la actividad

agroalimentaria e industrial (facturación, número de empleados, producción, ...). Los tipos de coeficientes utilizados son los siguientes:

- a) Coeficientes de generación superficial de residuos,  $CR_S$  ( t residuos /  $km^2$  ; t residuos / ha)
- b) Coeficientes de generación de residuos en función de la producción agrícola,  $CR_P$  ( t residuo / t fruto).
- c) Coeficientes de generación en función de la actividad agroalimentaria o industrial. Cuando el coeficiente en cuestión se base en el producto final obtenido el coeficiente será del tipo  $CR_P$  y cuando este referido a residuo generado en función de la materia prima procesada se llamara  $CR_{MP}$

### 3. Análisis de dispersión / producción superficial de biomasa.

Este análisis está basado en la ubicación de las fuentes puntuales o superficiales generadoras de biomasa residual. Este análisis permite obtener un mapa de densidad superficial de Biomasa que, combinado con la caracterización previa (humedad, poder calorífico, densidad), se transformará en un mapa de densidad energética de biomasa en el área de estudio.

Este análisis puede efectuarse de manera aproximada considerando los municipios como puntos de aporte de biomasa (en este caso la unidad de superficie mínima es el municipio y no es homogénea ya que cada municipio tiene una superficie distinta). El análisis detallado requiere la utilización de sistemas de información geográfica (SIG) en la que el nivel de detalle suele fijarse en píxeles de  $1 km^2$ .

### 4. Análisis de estacionalidad.

- Basado en las pautas de producción y mantenimiento de las actividades agrarias e industriales generadoras de biomasa (recolección, poda, otros)

### 5. Análisis de disponibilidad.

- Este análisis permitirá estimar el porcentaje de biomasa, frente al total generado, que está disponible para su aprovechamiento energético, se debe descartar el porcentaje de residuos que en la actualidad se están utilizando para otras aplicaciones como leña para chimeneas, alimento para ganado u otros usos.
- La estimación de biomasa disponible considerara también características físicas de las parcelas como tamaño o accesibilidad y tendencias en las labores agrícolas que pueden afectar a la disponibilidad o accesibilidad de lo biomasa residual

### 3.2.1.- Datos y fuentes de información utilizados.

La información requerida debe estar detallada, al menos, a nivel municipal, y debe cubrir los siguientes apartados:

- Información cartográfica de la Comunidad Valenciana. (zonas habitadas, industriales, protegidas, entorno natural)
- Población, economía y entorno socio-cultural.
- Datos sobre producción de Biomasa residual disponible.
- Actividad agrícola por cultivos (producción, superficie, ubicación)
- Actividad industria agroalimentaria. (producción, ubicación)
- Actividad industria madera y mueble, (producción, ubicación)

Las principales fuentes de información utilizadas han sido las siguientes:

- Consellería de Agricultura – Superficies y producciones 2004
- IVE-Instituto Valenciano de estadística - Tablas estadísticas municipales y comarcales:
  - Agricultura: Distribución de superficies y usos, tamaño de explotaciones - 2004
  - Edificación y vivienda: Censo población y vivienda - 2001
  - Población: Cifras oficiales de población - 2002 / 2004
  - Educación: Centros y alumnos por nivel de estudios – curso 2000/2001
- Instituto Nacional de Estadística (INE) – Censo agrario 1999
  - Censo Agrario 1999: Agricultura: Distribución de superficies y usos, tamaño de explotaciones
- Guía ARDAN de las 12500 mayores empresas de la Comunidad Valenciana (2004)
  - Facturación, Nº de empleados, actividad y localización

En cuanto a información específica sobre datos de generación de residuos biomásicos por tipo de cultivo o actividad industrial se citan en cada caso los documentos utilizados.

### **3.2.2.- Tipificación y caracterización previa.**

Atendiendo a su origen, los distintos tipos de biomasa que pueden ser utilizados con fines energéticos, se clasifican en tres grandes grupos: natural, residual y cultivos energéticos.

#### **a) Biomasa natural**

Este tipo de biomasa se produce en la naturaleza, sin intervención humana, en bosques, matorrales, etc. Se trata de un recurso que no debe ser utilizado masivamente con fines energéticos, ya que podría llevar a la destrucción de los ecosistemas naturales. Este recurso constituye la principal fuente energética de pueblos y países en vías de desarrollo.

#### **b) Biomasa residual (seca o húmeda)**

Se considera biomasa residual a la generada en cualquier actividad humana, destacando los subproductos de las industrias forestales, agrícolas, ganaderas, papeleras, alimenticias, etc. Se engloban también en este grupo los residuos sólidos urbanos, lodos de papeleras, aguas residuales industriales, etc.

Como ejemplo de biomasa seca podemos considerar el aserrín, la cáscara de almendra, el orujillo, las podas de frutales, paja de cereales...etc.

Se denomina biomasa residual húmeda a los vertidos llamados biodegradables como aguas residuales urbanas e industriales y los residuos ganaderos (principalmente purines). Esta biomasa suele tener un contenido en humedad superior al 60%.

La biomasa residual presenta la ventaja de que, además de ser un residuo que puede aprovecharse energéticamente, contribuye a la descontaminación de las zonas en que se producen. En muchas ocasiones, las instalaciones que aprovechan sus propios residuos pueden llegar a ser energéticamente autosuficientes; tal es el caso de las industrias papeleras, industrias de la madera, granjas, etc.

Los principales tipos de biomasa residual atendiendo a su procedencia y sus características básicas se incluyen en este apartado en los puntos 3.2.2.1 a 3.2.2.7.

#### **c) Cultivos energéticos**

Este tipo de biomasa se produce exclusivamente con el fin de ser transformada en energía. Se trata de una alternativa aun muy reciente que está experimentando un gran auge.

Los cultivos energéticos, realizados con la finalidad de producir Biomasa transformable en combustible ( en lugar de producir alimentos, como ha sido la

actividad tradicional de la agricultura ) son ya realidad en algunos países, principalmente en Brasil y Estados Unidos, que enfocan la producción de caña de azúcar y maíz respectivamente a la obtención de etanol para carburante de automoción. En Europa también se está desarrollando esta actividad en los últimos años, siendo en la actualidad los aceites de colza los biocarburantes de mayor desarrollo de entre los posibles que se pueden obtener de la producciones agrícolas.

Las especies dedicadas a producir biomasa con fines energéticos pueden ser de tipo herbáceo o leñoso. Los cultivos susceptibles de ser utilizados como productores de energía deben de estar seleccionados de acuerdo con la premisa general de obtener de forma rentable la máxima cantidad posible de energía neta compatible con las condiciones edafoclimáticas de cada zona.

A continuación se enumeran las características propias de los cultivos energéticos y las principales diferencias existentes con los cultivos tradicionales, las cuales vienen motivadas por los diferentes objetivos que se persiguen con ambos tipos de cultivos.

1. Necesidad de ofrecer un balance energético positivo, para lo cual deben producir elevados rendimientos en biomasa cosechable con un mínimo de consumo energético ( labores, riegos, abonos,...).
2. Se considera producto toda la Biomasa recolectable y no sólo el fruto o semilla.
3. Estos cultivos se valoran fundamentalmente por el contenido calórico y cantidad cosechada, no se valoran otras cualidades organolépticas, o propiedades alimenticias.
4. Entre las plantas silvestres que rinden elevadas producciones de biomasa, existen algunas adaptadas a vivir en zonas áridas por haber desarrollado un sistema radicular potente y un metabolismo específico que les permite vivir en condiciones mucho más drásticas que las plantas cultivadas tradicionalmente. Por esta razón, muchas de las tierras que hoy están consideradas como marginales, podrían ser cultivadas con fines energéticos siempre que se eligieran las especies adecuadas.
5. La implantación de los centros de transformación o aprovechamiento directo de la Biomasa cerca de los campos de cultivos energéticos, posibilitaría la reutilización de los nutrientes minerales que quedan como residuo del proceso de producción o consumo del combustible. Estos pueden ser devueltos al terreno con bajo coste. Este tipo de reciclado de nutrientes no puede hacerse en cultivos tradicionales ya que los productos suelen ser consumidos lejos del lugar de producción y por tanto es preciso fertilizar mediante abonos sintéticos.

Estos cultivos los podemos dividir en:

- ♦ Cultivos ya existentes como los cereales, oleaginosas, remolacha, etc.;
- ♦ Lignocelulósicos forestales (chopo, sauces, etc.)

- ♦ Lignocelulósicos herbáceos, como el cardo *Cynara cardunculus*
- ♦ Otros cultivos, como la patata

### **Cultivos apropiados para el Área Mediterránea.**

Entre las especie leñosas propias del Área Mediterránea para esta finalidad cabe destacar los chopos ( *populus sp.* ) para zonas frescas o con posibilidad de riego barato, y, para zona más secas habrá que utilizar especies resistentes a la sequía, entre las que cabe destacar algunas pertenecientes a los géneros Robinia y Eucaliptus, entre otros. Estas especies deben plantarse en alta densidad ( alrededor de 10.000 plantas por Ha ) y con turnos de corta de 4 a 6 años. Las producciones que se pueden alcanzar con este tipo de plantaciones oscilan entre las 10 y 20 toneladas de materia seca por hectárea y año.

Entre las especies herbáceas productoras de biomasa lignocelulósica para estos fines podemos citar el cardo (*Cynara cardunculus*) con producciones anuales en Biomasa seca del orden de la 20 toneladas de materia seca por hectárea y año. El coste estimado de producción de la Biomasa puede establecerse en unas 20 € la tonelada. Considerando el valor calórico de la Biomasa seca de 15 – 17 kJ / kg, el coste de producción por unidad energética es 2 o 3 veces inferior al fuel-oil o los carbones nacionales. A esta ventaja económica (siempre considerando la central de Biomasa en el centro de esta superficie de cultivo energético), hay que añadir el bajo nivel de polución atmosférica producido, ya que es neutro en cuanto a la emisión de anhídrido carbónico y el escaso contenido en azufre, precursor de las "lluvias acidas".

Estos cultivos pueden presentarse como una buena opción teniendo en cuenta la tendencia de la Unión Europea a limitar las superficies y producciones agrícolas con fines alimentarios.

En el ámbito de la tipificación de residuos es conveniente tener en cuenta lo que la legislación considera a efectos de aplicar las primas económicas.

El 26 de mayo de 2007 se aprobó el Real Decreto 661/2007, por el que se regulaba la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial. Así, se sustituía el Real Decreto 436/2004 y se establecía un régimen económico transitorio para las instalaciones pertenecientes a su ámbito de aplicación.

En el ámbito de aplicación del Real Decreto 661/2007, y en concreto en la Categoría b), se incluyen las instalaciones que utilicen como energía primaria alguna de las energías renovables no consumibles, biomasa, o cualquier tipo de biocombustible. Dentro de esta categoría una de la renovables es, obviamente, la biomasa y que es desglosada en tres grupos: B.6 , B.7 y B.8

Grupo B.6:

- ♦ Subgrupo b.6.1. Centrales que utilicen como combustible principal biomasa procedente de cultivos energéticos.
- ♦ Subgrupo b.6.2. Centrales que utilicen como combustible principal biomasa procedente de residuos de las actividades agrícolas o de jardinerías.
- ♦ Subgrupo b.6.3. Centrales que utilicen como combustible principal biomasa procedente de residuos de aprovechamientos forestales y otras operaciones selvícolas en las masas forestales y espacios verdes.

Grupo B.7:

- ♦ Subgrupo b.7.1. Instalaciones que empleen como combustible principal el biogás de vertederos.
- ♦ Subgrupo b.7.2. Instalaciones que empleen como combustible principal el biogás generado en digestores empleando alguno de los siguientes residuos: residuos biodegradables industriales, lodos de depuradora de aguas urbanas o industriales, residuos sólidos urbanos, residuos ganaderos, agrícolas y otros para los cuales se aplique el proceso de digestión anaerobia, tanto individualmente como en co-digestión.
- ♦ Subgrupo b.7.3. Instalaciones que empleen como combustible principal estiércoles mediante combustión y biocombustibles líquidos.

Grupo B.8:

- ♦ Subgrupo b.8.1. Centrales que utilicen como combustible principal biomasa procedente de instalaciones industriales del sector agrícola.
- ♦ Subgrupo b.8.2. Centrales que utilicen como combustible principal biomasa procedente de instalaciones industriales del sector forestal.
- ♦ Subgrupo b.8.3. Centrales que utilicen como combustible principal licores negros de la industria papelera.

A efectos de tipificación, y para su fácil adecuación con la normativa aplicable a plantas de biomasa, conviene, al menos, distinguir entre origen agrícola, forestal, cultivos energéticos, industrias agrícolas e industrias forestales.

### 3.2.2.1.- Residuos agrícolas

Se entiende por residuos agrícolas a la parte de la planta cultivada que no se va a utilizar, ni como alimento ni como materia prima en la industria. Se puede también denominar residuo agrícola a la planta o a la porción de ella, que es preciso separar para obtener el fruto, o para facilitar el cultivo propio o posterior. En la Tabla 3-I se describen estos tipos de residuos incluyendo el proceso generador y su destino habitual.

Tabla 3-I. Tipificación de biomasa: Residuos agrícolas.

Recurso	Proceso generador	Residuos	Destino
<b>Residuos Agrícolas</b>	Podas de cultivos leñosos.	Restos de podas, ramas, ramones.	Combustibles.
	Restos de cultivos	Frutos en mal estado, destríos	Alimentación animal.
	Herbáceos, industriales (Algodón, tabaco, oleaginosas,...).	Plantas verdes, tallos, otros restos.	Combustibles Fertilizantes.
	Herbáceos - Cereales de invierno (trigo, cebada, ...)	Pajas.	Alimentación animal Camas de ganado, combustibles
	Herbáceos - Cereales de primavera (maíz, sorgo,...)	Tallos, zuros, cascarillas.	Alimentación animal Combustibles

### 3.2.2.2.- Residuos forestales

Pueden provenir de dos orígenes distintos:

#### a. Mantenimiento y limpieza del bosque y del monte.

Desbroces, clareos, cortas, podas, escamondas y cortas finales, son tratamientos selvícolas por los que se obtienen diferentes tipos de productos según sea su origen, destino y maquinaria utilizada, a saber:

- Los clareos son extracciones de pies sobrantes en la masa principal, que se realizan para favorecer el crecimiento de los mejores árboles.
- Los desbroces o limpieas consisten en la extracción de la biomasa no arbórea. Se realiza con distintos fines, entre ellos la prevención de incendios, la mejora de pastizales, preparación del terreno, etc.
- Las podas consisten en la corta de ramas para que otras reciban mayor cantidad de luz.
- Los resalveos tratan de seleccionar y guiar los mejores brotes de las ramas, para conseguir darles un porte arbóreo.
- Las cortas consisten en la extracción de pies, que por estar enfermos, secos o afectados por plagas, suponen un peligro.

b. Explotaciones madereras.

Los residuos procedentes de las explotaciones madereras (tala de árboles) constituyen cerca de un tercio del árbol. En este caso su recogida no es tan problemática, ya que se generan dentro de una actividad industrial, y por tanto, las posibilidades de aprovechamiento energético mejoran notablemente.

3.2.2.3.- *Residuos de industrias forestales*

Este grupo lo componen los residuos originados en la industria de la madera, tanto de la primera transformación como de la segunda. El factor fundamental que los diferencia de los residuos forestales es que no se generan en el bosque, eliminándose así el inconveniente de la recogida.

Las industrias del sector de la madera más importantes, teniendo en cuenta la cantidad de residuos generados, son las siguientes:

- ◆ Aserraderos

Los residuos que genera esta industria de primera transformación de la madera son serrines, virutas, corteza y costeros.

Los costeros y recortes son usados como materias primas en otras industrias del sector, previa molienda. Los serrines se pueden usar como combustibles, materia prima, y en algunos casos en limpieza o cama de ganado. Las cortezas suelen utilizarse fundamentalmente como combustibles

- ◆ Fábricas de productos elaborados de la madera

Los residuos generados son recortes, polvo de lijado, centros de desenrollo, chapas de mala calidad, serrines, etc. Se suelen emplear nuevamente como materias primas, o como combustible para las propias instalaciones de secado, prensas y calefacción, que requieren gran cantidad de aporte térmico.

- ◆ Fabricas de pasta de papel

Dados sus grandes consumos energéticos, este tipo de industrias suele consumir todos los residuos que generan, principalmente cortezas, serrines y lejías negras, en plantas de cogeneración. La combustión de las lejías negras tiene como inconveniente principal la necesidad de recuperar los minerales contenidos en ellas.

- ◆ Fabricas de productos elaborados del corcho

Este tipo de empresas generan como residuo fundamental polvo de corcho, que se utiliza como combustible. En esta industria destacan los fabricantes de tapones como mayores generadores de residuos.

### 3.2.2.4.- Residuos de Industrias Agrícolas y agroalimentarias

Dependiendo del tipo de industria y del proceso que sigan en la fabricación, los residuos generados son muy diferentes. En la Tabla 3-II se indican distintos tipos de industrias los residuos que generan y su destino más probable.

Tabla 3-II. Tipificación de biomasa: Residuos industrias agrícolas y agroalimentarias.

Recurso	Proceso generador	Residuos	Destino
<b>Residuos de Industrias Agrícolas y Agroalimentarias</b>	-Fabricación de aceite de oliva	-Orujo graso, alpechines, alperujo.	-Extracción de aceites.
	-Extracción de aceite de orujo	-Orujillo, oleínas.	-Combustibles, alimentación animal.
	-Extracción de aceite de semillas	-Cáscaras, tortas agotadas.	-Combustibles, alimentación animal.
	-Sacrificio de ganado	-Sebos, recortes de piel.	-M. primas Otras industrias.
	-Preparación de arroz	-Cascarilla, cilindro.	-Combustibles, alimentación animal.
	-Fabricación de azúcar	-Melazas. Bagazos lodos de depuradora, pulpa agotada.	-Alimentación animal, generación de biogás, comb.
	-Elaboración de frutos secos	-Cáscaras, pieles.	-Comb., extracción aceites. esencias
	-Industria vinícola	-Raspones, orujos, Vinazas.	-Destilación de alcohol, combustión
	-Fabricación de alcoholes etílicos	-Granilla, hollejo, orujillo, vinazas.	-Alimentación animal, generación de biogás.
	-Fabricación de conservas animales	-Residuos frescos.	-M. primas otras industrias, generación de biogás
	- Fabricación de conservas vegetales	-Residuos frescos, huesos, semillas, Pieles.	-M. primas otras industrias, alimentación animal, comb., extr. aceites, esencias
	-Elaboración de cerveza y malta	-Bagazo, lodos de depuración.	- Alimentación animal, generación de biogás.

### 3.2.2.5.- Residuos ganaderos

La actividad agraria ejerce una presión muy importante en determinadas Comunidades Autónomas, donde las explotaciones ganaderas se concentran en zonas determinadas, dando lugar a las denominadas explotaciones intensivas. Estas explotaciones conllevan graves problemas medioambientales, dadas las composiciones altamente contaminantes de los residuos que se generan. Por otra

parte, el hecho de que se produzcan de forma concentrada hace más factible su posible aprovechamiento.

Los residuos ganaderos se han venido utilizando como abonos en la agricultura, debido a sus propiedades nutrientes y contenido orgánico. Actualmente, dadas las grandes explotaciones ganaderas y la utilización cada vez más extendida de fertilizantes inorgánicos, se ha roto el equilibrio tradicional entre agricultura y ganadería.

Los residuos ganaderos pueden ser sólidos o líquidos. Los residuos sólidos están formados por deyecciones y camas de ganado y se denominan estiércol. Son las ganaderías bovina y ovina las principales generadoras del estiércol. Los residuos líquidos incluyen deyecciones y agua de lavado y se le suele denominar purín. El purín se asocia generalmente a las explotaciones porcinas, aunque también se produce en las granjas de vacuno.

El purín es una mezcla compleja compuesta por los excrementos líquidos y sólidos, las aguas de limpieza de las instalaciones, un cierto volumen procedente de las aguas de abrevaderos y restos de alimentos. Su color es oscuro y puede considerarse como un fango líquido.

Una característica muy importante de estos residuos es su alto contenido de nutrientes, como el nitrógeno, que puede ser asimilado por las plantas. La existencia de microorganismos patógenos es un factor clave que hay que tener en cuenta. Dependiendo de si el purín es de ganado vacuno o porcino la composición del mismo será diferente como muestra la Tabla 3-III:

Tabla 3-III. Caracterización básica de los principales residuos ganaderos.

PARÁMETRO	BOVINO	OVINO	PORCINO	AVIARES
Sólidos totales (%)	14	25	5	75
Sólidos volátiles (%)	10	18	3	10
Nitrógeno (mg/l)	5	8	5	13
Fósforo (mg/l)	2	8	2	10
Potasio (mg/l)	3	10	3	7
DBO, (mg/l)	30	33	30	70

Fuente: [2.9]

### 3.2.2.6.- Lodos de estaciones depuradoras de aguas residuales.

La característica más importante de estos lodos es su elevada humedad (80 - 95% aproximadamente) si no se realiza ningún secado o acondicionamiento previo.

Esta elevada humedad es la que se trata de reducir para minimizar el coste de transporte y poder estabilizar el lodo. El objetivo es no superar el 10%, ya que por encima de este valor es imposible la fermentación.

La experiencia demuestra que tanto el azufre como el cloro desempeñan un papel importante en la formación de cenizas en las calderas de combustión, por lo que es importante que las concentraciones de estos elementos en el lodo sean bajas. Por ello, el problema se puede encontrar en aquellos lodos que en la EDAR han sido tratados con  $\text{FeCl}_3$ . La sustitución de este reactivo por un polielectrolito orgánico evita el problema de las elevadas concentraciones de Cl en el lodo.

En el caso del nitrógeno, su concentración en los lodos es muy superior a la de los carbones, lo que en principio supone un perjuicio desde el punto de vista de la formación de  $\text{NO}_x$  durante la combustión. Sin embargo, este contenido se reduce considerablemente si se incorpora en el proceso de depuración de aguas residuales una etapa de desnitrificación.

#### 3.2.2.7.- Residuos sólidos urbanos

Se definen los residuos sólidos urbanos (RSU), comúnmente conocidos como basuras, como los materiales que se generan en actividades de producción, transformación y consumo de los residuos de población que no poseen valor económico. En una primera clasificación podemos dividir los RSU en tres grandes grupos: fermentables, combustibles e inertes.

En la composición típica de los RSU el componente mayoritario suele ser la materia orgánica (35 – 45%), seguida de papel y cartón (20 -30%) y envases ligeros (10 -15%). El resto de lo componen principalmente vidrio (5-10%) e inertes (3 – 7%).

#### 3.2.3.- Cuantificación.

La cuantificación se realizara mediante datos directos de estudios precedentes y estimaciones basadas en coeficientes de generación superficial, generación de residuos en función de la producción agrícola o en función de la actividad agroalimentaria e industrial (facturación, número de empleados, producción,...). Los tipos de coeficientes utilizados son los siguientes:

- ♦ **Coeficientes de generación superficial de residuos,  $\text{CR}_s$**  (t residuos /  $\text{km}^2$  ; t residuos / ha) para cada cultivo, superficie forestal o cultivo energético. Asignan una producción de residuos por hectárea o  $\text{km}^2$ , se basan en estudios anteriores realizados por comunidades autónomas y otras fuentes.
- ♦ **Coeficientes de generación de residuos en función de la producción agrícola  $\text{CR}_p$**  (t residuo / t fruto). Relacionan la cantidad de residuos con la cantidad de fruto recolectado. Estos coeficientes

incluyen de modo indirecto el estado de los cultivos ( edad, salud del cultivo, clima, riqueza del suelo ...) que influyen en la cantidad residuos generada. Son útiles para estudios de superficies menores que los anteriores y permiten afinar el coeficiente superficial.

- ♦ **Coeficientes de generación de residuos en función de la actividad agroalimentaria o industrial** (Aceite de oliva, producción de vino, forestal, madera y mueble,...) y algunos parámetros indicadores de la producción (facturación, producción anual en toneladas o unidades, nº de empleados,...etc.). Estos coeficientes pueden tener las unidades: [t residuo] / [t producto], [t residuo] / [unidad producida ·10<sup>3</sup>]. Cuando el **coeficiente en cuestión se base en el producto final obtenido el coeficiente será del tipo CR<sub>P</sub>** y cuando este referido a residuo generado en función de la materia prima procesada se llamara **CR<sub>MP</sub> ...**

✓ **Utilización de los coeficientes superficiales: CR<sub>S</sub>**

Para la superficie de cultivo tipo "a1" la biomasa total (t/año) se calculará como:

$$\text{Biomasa total (t/año)} = \text{Superficie de cultivo tipo a1 (ha)} \cdot \text{CR}_{S\_a1} \text{ (t/ha)}$$

Para la superficie forestal tipo "f1" la biomasa total (t/año) se calculara como:

$$\text{Biomasa total (t/año)} = \text{Superficie forestal tipo f1 (ha)} \cdot \text{CR}_{S\_f1} \text{ (t/ha)}$$

✓ **Utilización de los coeficientes CR<sub>P</sub>**

Para la superficie de cultivo tipo "a2" la biomasa total (t/año) se calculará como:

$$\text{Biomasa total (t/año)} = \text{Superficie de cultivo tipo a2 (ha)} \cdot$$

$$\text{Productividad (t fruto / ha)} \cdot \text{CR}_{P\_a2} \text{ (t/t)}$$

✓ **Utilización de los coeficientes CR<sub>MP</sub>**

Para la industria tipo "i1" la biomasa total (t/año) se calculará como:

$$\text{Biomasa total (t/año)} = \text{Consumo de materia prima (t / año)} \cdot \text{CR}_{MP\_i1} \text{ (t/t)}$$

**Los valores en peso de biomasa residual, productos y materias primas están referidos a masa con un porcentaje de humedad de referencia (ó típico), el cual debe incluirse para el análisis.**

**Las referencias de los documentos utilizados (salvo indicaciones específicas) se citan al final de este apartado.**

**Los coeficientes de cuantificación, salvo que se indique lo contrario, se expresaran en toneladas por año. Cuando la generación del residuo se realice en ciclos que duren más de un año se calculará el equivalente anual (entendido este como la cantidad de biomasa generada en el ciclo dividida por la duración del ciclo en años)**

### 3.2.3.1.- Residuos agrícolas

En este apartado se han incluido los residuos agrícolas leñosos y herbáceos producidos durante el ciclo de cultivo árboles frutales y cereales respectivamente.

Los coeficientes utilizados para el estudio se han obtenido en base a la bibliografía y resultados de estudios similares realizados en España ([3.6],[3.12],[3.22],[3.24]), y en otros países de la Unión Europea con climatología y cultivos similares a los de España (Italia [3.18], Grecia [3.7],[3.16] y Portugal [3.19])

Tabla 3-IV. Principales cultivos agrícolas de España y superficie que ocupan.

Grupo de cultivo	Cultivo	Superficie (ha)	% Superficie
<b>CEREALES GRANO (CE)</b>	<b>TOTAL</b>	<b>6.209.489</b>	<b>35,9%</b>
	<i>Cebada</i>	3.197.348	18,5%
	<i>Trigo</i>	1.832.933	10,6%
	<i>Avena</i>	469.682	2,7%
	<i>Maíz</i>	355.373	2,1%
	<i>Centeno</i>	135.359	0,8%
	<i>Arroz</i>	118.713	0,7%
	Otros	100.082	0,6%
<b>LEGUMINOSAS GRANO (LE)</b>	(>10 cultivos)	<b>274.665</b>	<b>1,6%</b>
<b>TUBERCULOS C. H. (TU)</b>	(> 4 cultivos)	<b>66.605</b>	<b>0,4%</b>
<b>CULTIVOS INDUSTRIALES (IN)</b>	<b>TOTAL</b>	<b>1.065.048</b>	<b>6,1%</b>
	<i>Girasol</i>	866.224	5,0%
	Otros	198.824	1,1%
<b>FORRAJERAS (FO)</b>	(> 8 cultivos)	<b>892.815</b>	<b>5,2%</b>
<b>HORTALIZAS Y FLORES (HO)</b>	(> 32 cultivos)	<b>214.994</b>	<b>1,2%</b>
<b>FRUTALES CITRICOS (CI)</b>	<b>TOTAL</b>	<b>320.778</b>	<b>1,9%</b>
	<i>Naranja</i>	159.395	0,9%
	<i>Mandarino</i>	117.545	0,7%
	<i>Limonero</i>	41.816	0,2%
	Otros	2.022	0,0%
<b>FRUTALES NO CITRICOS (FR)</b>	<b>TOTAL</b>	<b>1.005.991</b>	<b>5,8%</b>
	<i>Almendro</i>	692.165	4,0%
	<i>Melocotonero</i>	74.482	0,4%
	<i>Manzano</i>	33.393	0,2%
	<i>Cerezo y quindo</i>	33.107	0,2%
	<i>Peral</i>	25.745	0,1%
	<i>Higuera</i>	22.028	0,1%
	<i>Albaricoquero</i>	19.619	0,1%
	Otros	105.452	0,6%
<b>VIÑEDO (VI)</b>		<b>1.094.774</b>	<b>6,3%</b>
<b>OLIVAR (OL)</b>		<b>2.568.383</b>	<b>14,8%</b>
<b>BARBECHOS</b>		<b>3.401.606</b>	<b>19,6%</b>
<b>SUPERFICIE AGRÍCOLA TOTAL</b>		<b>17.319.961</b>	<b>100%</b>

Fuente: Encuesta sobre Superficies y Rendimientos de Cultivos (ESYRCE) del año 2009. Resultados de la encuesta sobre superficie 2009.

En la tabla anterior puede observarse que, aunque en España hay una amplia gama de cultivos son los principales cultivos de grano, girasol, frutales (cítricos y no cítricos), viñedos y olivar los que acaparan más del 80% de la superficie agrícola en producción (sin considerar las tierras de barbecho). Estos cultivos mayoritarios (marcados en cursiva y subrayado) son en total 18 y los más importantes serán estudiados en detalle en esta metodología.

### **Cultivos agrícolas herbáceos**

Par la estimación de biomasa residual de estos cultivos se suele utilizar coeficiente que relacionan la paja producida con la cantidad de fruto recolectada (coeficientes  $CR_P$ ). Estos coeficientes se han transformado en coeficientes de generación superficial  $CR_S$ , más útiles para evaluar la ubicación, dispersión y análisis con Sistemas de Información Geográfica.

En la Tabla 3-V se han incluido los coeficientes de  $CR_P$  utilizados en estudios precedentes y el cálculo de los coeficientes  $CR_S$  basado en la productividad media de estos cultivos en la Comunidad Valenciana. La productividad media se ha calculado en base a las producciones de los últimos 15 años como se muestra en la Tabla 3-VI.

Tabla 3-V. Coeficientes  $CR_P$  para cultivos herbáceos según estudios precedentes y coeficientes  $CR_S$  obtenidos para la Comunidad Valenciana (CV).

Cultivo herbáceo	$CR_P$ PROMEDIO <sup>(a)</sup>	Desviación estándar <sup>(a)</sup>		Productividad CV	$CR_S$
	(t_residuo/t_fruto)	Valor absoluto	%	(t_fruto/ha)	t/ha
Trigo	1,18	0,45	38%	2,42	2,85
Cebada	1,04	0,22	21%	2,43	2,54
Avena	0,98	0,30	31%	-	-
Maíz	1,34	0,64	47%	5,41	7,27
Girasol	1,18	0,48	41%	-	-
Arroz	0,74	0,19	25%	7,46	5,55
Centeno	1,92	-	-	-	-

(a) Fuente: referencias [3.8], [3.16], [3.18], [3.19],[3.20], [3.21], [3.22], [3.23],[3.24]

Tabla 3-VI. Productividad de los principales cultivos herbáceos de cereales para grano en la Comunidad Valenciana.

Cultivos herbáceos	Productividad (t_fruto/ha)			Productividad promedio
	Promedio 1993-2002	2003	2004	(t/ha)
Arroz	7,30	7,53	7,55	7,46
Trigo	2,28	2,65	2,32	2,42
Cebada	1,94	2,47	2,89	2,43
Maíz	6,18	4,97	5,09	5,41

Fuente: INE. Agricultura, ganadería, selvicultura, caza y pesca. Superficie, producción y rendimiento por comunidades autónomas y provincias (datos del periodo 1993 a 2004)

### **Cultivos agrícolas leñosos**

El residuo procedente de cultivos leñosos es el generado en el proceso de poda. Desde el punto de vista estrictamente técnico, la poda es toda operación en la que mediante un corte efectuado con cualquier útil, se elimina una parte cualquiera de un árbol [3.1].

Las podas pueden clasificarse por sus objetivos en:

- ◆ Podas de limpieza (eliminación de elementos y formaciones indeseables)
- ◆ Podas de formación (dar la forma deseada al árbol o mantenerla, normalmente en árboles jóvenes)
- ◆ Podas de fructificación (establecer o mantener los elementos ó ramas más productivos, normalmente en árboles adultos)
- ◆ Podas de renovación (eliminación de partes envejecidas del árbol, normalmente en árboles viejos)

Las operaciones de poda pueden tener diversos objetivos que se solapan durante la vida del árbol pero lo que puede concluirse es que, con un objetivo u otro, todos los árboles frutales tienen necesidad de poda dentro del ciclo natural de cultivo que suele ser de un año.

Los coeficientes utilizados, usualmente, para cuantificar los residuos debidos a las operaciones de poda son coeficientes de generación superficial  $CR_S$ . En la Tabla 3-VII se incluyen los valores promedio y la desviación estándar de los valores observados en la bibliografía.

Tabla 3-VII Coeficientes  $CR_S$  para cultivos leñosos

<b>Cultivo</b>	<b>PROMEDIO</b> <sup>(a)</sup>	<b>Desviación Estándar</b> <sup>(a)</sup>	
	$CR_S$ (t/ha)	Valor absoluto (t/ha)	%
Olivo	2,160	0,77	36%
Viña	2,409	0,86	36%
Melocotonero	2,900	0,86	30%
Manzano	3,509	1,18	34%
Peral	3,300	2,05	62%
Albaricoquero	2,395	0,26	11%
Almendro	2,050	0,55	42%
Cerezo	1,790	0,22	12%
Limonero	4,317	2,48	58%
Naranja	4,533	2,88	64%
Mandarino	4,500	2,82	63%

(a) Fuente: referencias [3.8], [3.16], [3.18], [3.19],[3.20], [3.21], [3.24]

El contenido en humedad de la paja de cereal varía según autores entre el 15 y el 20% (excepto paja de arroz y cañote de maíz que tienen, aproximadamente, 30% y 60% respectivamente. Para los residuos leñosos el valor de humedad considerado varía entre el 30 y el 45%. Según los valores observados y utilizando las tablas anteriores Tabla 3-V y Tabla 3-VIII se ha generado la siguiente tabla definitiva para la cuantificación de residuos de poda agrícola y paja de cereal.

Tabla 3-VIII. Residuos agrícolas – Coeficientes de generación superficial de biomasa CR<sub>s</sub>

CODE	CULTIVO	CR <sub>s</sub>	Humedad	Cenizas	PCS	
		t/ha en húmedo	% base húmeda	% base seca	(MJ/kg seco)	(MJ/kg húmedo)
C1	ARROZ	5,55	30%	18,0%	16,7	11,93
C2	TRIGO	2,85	20%	6,5%	17,9	14,86
C3	CEBADA	2,54	20%	9,5%	17,5	14,52
C4	AVENA	1,50	20%	5,0%	17,4	17,40
C5	ALFALFA	2,00	20%	5,0%	17	17,00
C6	MAIZ	7,27	60%	4,0%	18,5	5,96
CG	CEREAL GENERICO	2,00	25%	5,0%	17	12,15
GG	GENERICO	0,5	50%	4,0%	17	7,30
L1	NARANJO DULCE	4,53	40%	1,7%	17,6	9,60
L10	UVA DE VINIFICACION	2,41	40%	2,7%	18,3	10,02
L12	OLIVO	2,16	35%	1,1%	18,1	10,93
L2	MANDARINO	4,53	40%	1,7%	17,6	9,60
L3	LIMONERO	4,32	40%	1,7%	17,6	9,60
L4	MANZANA	3,51	40%	1,7%	17,8	9,72
L5	PERA	3,30	40%	1,7%	18	9,84
L6	ALBARICOQUE	2,40	40%	1,7%	19,3	10,62
L7	CEREZA	1,79	40%	1,7%	19,1	10,50
L8	MELOCOTON	2,9	40%	1,7%	19,4	10,68
L9	ALMENDRO	2,05	40%	1,7%	18,4	10,08
LG	LEÑOSO GENERICO	3,00	40%	1,7%	17	9,24

Nota: En el caso de leñosos los residuos son restos de poda y para los herbáceos suele ser paja o tallos en, el caso del grupo "genérico GG" son en su mayoría restos de cultivos hortícolas (tubérculos y hortalizas, los mayoritarios son alcachofa, patata, lechuga, cebolla, sandía, melón y tomate por este orden) generados después de la recolección.

### 3.2.3.2.- Residuos Forestales

En este apartado se han incluido los residuos procedentes de la gestión de bosques tanto por motivos de mantenimiento de las masas boscosas naturales como de explotación maderera.

#### 3.2.3.2.1. La gestión forestal en España.

Según el Plan Forestal Español (aprobado por consejo de ministros el 5 de Julio de 2002) la producción maderera se concentra mayoritariamente en la Cornisa Cantábrica (casi un 75%, siendo un 50% de la comunidad gallega). El resto se reparte principalmente entre Andalucía (principalmente Huelva) Castilla y León, Castilla-La Mancha, Cataluña y Aragón.

En lo que se refiere a la composición específica, la producción maderera por especies se distribuye de la siguiente manera: en coníferas, la mitad corresponde a *Pinus pinaster*, una cuarta parte a *P. radiata* y el resto a *P. sylvestris*, *halepensis* y otros. En frondosas la mitad de la producción es de *Eucaliptus sp.*, un 15% a *Populus sp.* Y el resto repartido entre otras especies.

No obstante el déficit de madera en España, alrededor de un 26% del territorio español, unos 13 millones de ha, tiene una productividad potencial forestal elevada (se ha considerado el valor de 6m<sup>3</sup>/ha/año como límite, sí bien en zonas con valores entre 4,5 y 6 m<sup>3</sup>/ha/año las limitaciones al crecimiento de bosques productivos se pueden calificar de moderadas). En esta superficie existen aún extensas áreas en las que la producción forestal actual es nula o muy inferior a la que cabría esperar.

#### - **Tratamientos selvícolas de adecuación y mejora estructural de bosques densos y antiguas repoblaciones**

Una parte importante de la superficie forestal arbolada española se encuentra en un buen estado, generalmente de fustal<sup>2</sup>, con más del 50% de fracción de cabida cubierta. Estas masas prácticamente no necesitan una intensificación de la silvicultura de mantenimiento que ya tienen: se trataría, en todo caso, de tratamientos puntuales o muy localizados con un bajo coste por hectárea destinados a mantener la producción del monte.

Sin embargo, otra gran parte de la superficie forestal arbolada, con una alta fracción de cabida cubierta, corresponde a masas, en general en estado de latizal<sup>3</sup>

---

<sup>2</sup> **Fustal.** Corresponde a árboles adultos y el diámetro normal medio es superior a 20 cm. Se subdivide, también en bajo o joven fustal (Ø normal entre 20 y 35 cm.), fustal medio (Ø normal entre 35 y 50 cm.) y fustal viejo o alto fustal (Ø normal superior a 50 cm.).

<sup>3</sup> **Latizal.** Comprende desde la clase natural anterior (monte bravo) hasta que los pies alcanzan los 20cm. De diámetro normal. El estado de latizal se subdivide en bajo latizal (cuando el diámetro normal es inferior a 10cm.) y alto latizal (cuando se sitúa entre 10 y 20 cm.).

o monte bravo<sup>4</sup>, con elevada densidad. Estas formaciones son las que más urgentemente requieren una gestión selvícola para reducir su densidad y seleccionar los ejemplares más aptos mediante tratamientos de clareos<sup>5</sup> y claras selectivas.

- **Tratamientos Selvícolas de Mejora de Cubierta Vegetal Rala. Transformación Estructural de Masas Forestales Degradadas**

El Plan Forestal Español dedica un capítulo entero a restauración hidrológico-forestal, enfocada a los montes desarbolados ó con una cubierta vegetal deficiente o rala.

Se ha estimado como superficie vegetal rala aquella con una fracción de cabida cubierta inferior al 20%, y no incluida en los terrenos adhesionados.

En este bloque de actuaciones se han incluido por una parte las superficies ocupadas por especies arbóreas con fracción de cabida cubierta inferior al 20% y por otra aquellas superficie entre el 20 y el 40% de FCC con un número de pies menores por hectárea escaso.

En cuanto a la Comunidad Valenciana, el Plan General de Ordenación Forestal de la Comunidad Valenciana (en el anejo de Selvicultura y Ordenación) las principales conclusiones que se pueden obtener, son las que se detallan a continuación:

- La principal especie sometida a aprovechamientos en la Comunidad Valenciana es el pino carrasco, cuyo volumen de aprovechamientos supone porcentajes, en general, superiores al 50%, excepto en Castellón, en donde, aún así, sigue siendo la especie de mayor aprovechamiento.
- Hay un paulatino y constante descenso en el volumen de aprovechamientos a lo largo de los periodos analizados, en correspondencia con la bajada de los precios de la madera y el encarecimiento de la mano de obra; los volúmenes aprovechados en los últimos años vienen a ser del orden de la tercera parte de los iniciales de los periodos considerados.
- Las frondosas que se han estado aprovechando han sido los chopos y álamos, y únicamente en Alicante suponen un porcentaje relativamente importante (según los años) del total de volúmenes aprovechados, alcanzando una proporción media cercana al 25%.

En el Inventario Comarcal de la Comunidad Valenciana, sólo el 20% de la superficie forestal arbolada presenta tratamientos selvícolas, que en su gran

---

<sup>4</sup> **Monte bravo.** Comprende desde arboles muy jóvenes (altura de 1,30 metros aprox.) hasta el momento en que por efecto de la ausencia de luz suficiente en la parte baja del fuste, los pies empiezan a perder las ramas inferiores (poda natural). En esta fase, la competencia entre pies se intensifica.

<sup>5</sup> **Clara ó Clareo.** Reducción por tala del número de árboles presentes en una unidad de área, normalmente por hectárea. En la clara se obtiene un aprovechamiento comercial en el clareo no.

mayoría son podas u otro tipo, pero no clareos ni claras; 2/3 de las masas forestales no presentan cortas de ningún tipo, pese a la potencialidad productiva de los sistemas forestales valencianos, lo que supone, por un lado, una importante pérdida de rentas y de déficit de madera, en una comunidad que es de las mayores importadoras de España; además, esto supone un importante monto de pérdidas por ausencia de rentas en el medio rural y la pérdida de un tejido empresarial ligado al medio que puede ser muy importante a la hora de fijar la población rural. Esta situación parece haberse corregido en los últimos años, de acuerdo con los niveles de selvicultura que se desprenden del estudio de las propuestas de actuación de la Conselleria de Medio Ambiente en materia de trabajos selvícolas y ayudas a la regeneración.

### **Selvicultura conservadora**

Por selvicultura conservadora se debe entender aquella en la que el objetivo prioritario no es la producción de madera sino que la consecución de productos se deriva como una consecuencia de los tratamientos y cortas con un objetivo diferente del productivo.

En general en cualquiera de las especies más habituales en la Comunidad Valenciana, cuando se establece una selvicultura conservadora, se está hablando de

- Alargamiento de turnos o de las edades de madurez para el aprovechamiento comercial de las especies; se elegirán turnos físicos fundamentalmente, en los que la edad del arbolado en general, permita asegurar el éxito de la regeneración (que no se alcance la decrepitud de los individuos).
- Tratamientos selvícolas intermedios de intensidad moderada a baja, en general.

Los objetivos puramente selvícolas que se buscan cuando se practica una selvicultura conservadora son la consecución de masas boscosas de madurez (bosques con aspecto de "viejos"), con un número relativamente bajo de árboles de las mayores dimensiones, de grandes copas, con arbolado capaz de soportar un fuego de superficie (gruesa corteza, pocas ramas intermedias) y que proporcionan una impresión de bosque muy estable y de una calidad paisajística elevada. Todo lo anterior no quiere decir que no se busque la diversidad espacial en las estructuras selvícolas (lo que se determinará muy fácilmente con ayuda de las correspondientes planificaciones de las intervenciones), sino simplemente que en los puntos donde se vaya a buscar la consecución de bosques maduros éstos deben tener este aspecto.

Estas características genéricas son las que hay que conseguir en la máxima expresión de la selvicultura conservadora; evidentemente entre una selvicultura productiva a ultranza y una selvicultura conservadora a ultranza habrá toda una gradación.

### **Selvicultura productiva**

Como nota previa, debe aclararse que una selvicultura productiva no es sinónimo de selvicultura esquilmadora. Precisamente en la doctrina clásica de ordenación, la condición mínima de persistencia ha sido un axioma en el aprovechamiento y gestión de los montes.

Una selvicultura con un marcado acento en la producción, según las características intrínsecas de cada especie, debería cumplir las siguientes premisas:

- Turnos ajustados al objetivo de producción fijado, en general serán turnos o edades de madurez mucho más cortos que con selvicultura conservadora para las mismas especies.
- Tratamientos selvícolas de intensidad moderada a alta.

#### 3.2.3.2.2. Cuantificación aproximada de residuos forestales

Para la estimación de los residuos forestales se han utilizado resultados de estudios anteriores basados en el Primer Inventario Forestal de España de 1975 y en estudios realizados en otros países sobre el aprovechamiento de residuos forestales. Se ha considerado que la superficie generadora de biomasa forestal residual (residuos de corta y elaboración de la madera, y residuos de tratamientos selvícolas) es aquella que en estadísticas de distribución del suelo está catalogada como “superficie forestal arbolada” o “Especies arbóreas forestales”.

Especies arbóreas forestales: Se incluyen en esta modalidad las superficies cubiertas de especies arbóreas forestales, que no son utilizadas principalmente con fines agrícolas o con otros fines distintos de los forestales. Están incluidas las choperas en el interior o en el exterior de los bosques, los montes de castaños y nogales destinados principalmente a la producción de madera, las plantaciones de árboles de Navidad y los viveros forestales que se encuentren en bosques y se destinen a las necesidades propias de la explotación. Se incluyen igualmente las superficies cubiertas de árboles o arbustos forestales que ejercen principalmente una función de protección, así como las líneas de árboles que hay fuera de los bosques y los linderos arbolados que por su importancia se considere conveniente incluir en la superficie arbolada.

##### a) Residuos de ramas

Según la bibliografía [3.5],[3.13], y para varias especies forestales, el rendimiento en troncos supone el 67% del árbol. Las ramas constituyen el 15,86% del total de la biomasa aérea del árbol, lo que referido a troncos, ya que este el valor del inventario estadístico, supone un valor medio del 23,65% sobre la madera cortada con corteza.

b) Hojas, tocones y raíces

Los tocones (parte del fuste no comercial) junto con las raíces son las partes del árbol que quedan en el terreno una vez realizado el apeo, sobre las que, salvo en raras excepciones, no se realiza ningún tipo de aprovechamiento.

Con respecto al total del árbol, las hojas suponen el 3% y los tocones el 14,89%. El conjunto de hojas más tocones supone el 26,72% sobre la corta anual de troncos [3.5],[3.13].

c) Residuos de industrias forestales.

Se engloba en este apartado los residuos originados en la elaboración de tableros. De la madera en rollo, que llega libre de ramas del monte, se considera que una tercera parte en peso supone tableros útiles para carpintería, otra tercera parte son costales, con aprovechamiento en industrias o albañilería y por fin una tercera parte de residuos que integran, corteza, aserrín, virutas y puntas de madera sin interés actual. Los residuos de industrias forestales suponen el 5 – 15% [3.13] de los residuos totales forestales que se producen (t/ha·año), estos residuos presenta un alto grado de aprovechamiento y se han considerado no disponibles. Además, puesto que no se producen en monte sino en la industria forestal, no se han incluido en la cuantificación.

d) Residuos de tratamientos selvícolas

Son los residuos obtenidos en la limpieas de bosques naturales y en los clareos de repoblaciones forestales.

Los residuos forestales de monte (no incluyen residuos de industrias forestales) potenciales que se pueden obtener observando los valores calculados para todas las provincias españolas están en el rango 0.9 – 1.4 t/ha·año. **El valor representativo tomado, por defecto, en esta metodología para superficies arbóreas forestales es de 1 t/ha·año de residuos.([3.6],[3.13]). Se considerará un poder calorífico superior (PCS) de dicha biomasa de 18,0 MJ/kg (valor conservador según la bibliografía, que indica un rango de 17 – 20 MJ/kg, [3.5],[3.13]) y un contenido en humedad del 35%. Estos valores de referencia se utilizarán también para la cuantificación detallada (punto 3.2.3.2.3).**

Para las zonas forestales la cantidad de biomasa generada en una zona se calculara de la siguiente manera:

✓ **Utilización de los coeficientes CR<sub>s</sub>**

Para la superficie forestal tipo “f1” (que en la cuantificación aproximada se refiere únicamente a “superficie forestal arbolada”, sin distinguir especie, edad o estado de la masa forestal) la biomasa total (t/año) se calculara como:

$$\text{Biomasa total (t/año)} = \text{Superficie de cultivo tipo f1 (ha)} \cdot \text{CR}_{s\_f1} \text{ (t/ha)}$$

### 3.2.3.2.3. Cuantificación detallada de residuos forestales

La cuantificación detallada de los residuos forestales potenciales requiere un conocimiento pormenorizado de la masa forestal a analizar en cuanto a especies presente, densidad de la masa forestal (número de pies por hectárea, volumen maderable por hectárea, ...) y otros parámetros.

Para las zonas forestales la cantidad de biomasa generada en una zona se calcula de la siguiente manera:

Para la estimación de los residuos forestales se han utilizado estadísticas y resultados de estudios anteriores basados en el Segundo Inventario Forestal de España (IFN2) de 1999 y el Tercer Inventario Forestal de España (IFN3) y en estudios y mediciones de campo a las que se ha tenido acceso.

Se ha considerado que la superficie generadora de biomasa forestal residual (residuos de corta y elaboración de la madera, y residuos de tratamientos selvícolas) es aquella que en estadísticas de distribución del suelo está catalogada como “superficie forestal arbolada” o “Especies arbóreas forestales”. Dentro de estas superficies se ha afinado el estudio en función de cada una de las especies predominantes.

Puesto que hay pequeñas diferencias entre el IFN2 y el IFN3 para definir la “superficie forestal arbolada” se citan a continuación las definiciones de cada uno:

#### **Según IFN2:**

**USO 1-FORESTAL ARBOLADO:** Bosque, monte arbolado, superficie forestal arbolada, territorio con especies arbóreas como manifestación botánica dominante con una fracción de cabida cubierta igual o superior al 5%; incluye las dehesas de base cultivo, pastizal o matorral siempre que la fracción de cabida cubierta arbolada sea igual o superior al 20%.

**USO 2-FORESTAL ARBOLADO RALO:** Bosque ralo, monte arbolado ralo, superficie forestal arbolada rala, territorio con especies de matorral o pastizal natural como manifestación botánica dominante pero con una presencia de árboles importante, en todo caso con una fracción de cabida cubierta arbórea superior al 5%, incluye las dehesas de base matorral o pastizal natural que cumplan la limitación de la fracción de cabida cubierta.

El forestal arbolado siempre cumple la condición de poseer una fracción de cabida cubierta igual o superior al 5%.

### **Según el IFN3:**

Se considera **Superficie Forestal Arbolada** al terreno poblado con especies forestales arbóreas como manifestación vegetal dominante y cuya fracción de cabida cubierta<sup>6</sup> (FCC) es superior al 5%, y está compuesta por:

- **Monte arbolado:** terreno con arbolado cuya **FCC  $\geq$  20%**
- **Monte arbolado ralo:** **10%  $\leq$  FCC  $<$  20%**. También incluye los terrenos con especies de matorral o pastizal natural como manifestación vegetal dominante, pero con árboles de FCC entre 10 y 20%.
- **Monte arbolado disperso:** terreno ocupado por especies arbóreas como presencia vegetal dominante con una **FCC entre 5% y 10%**, igualmente incluye el terreno con especies de matorral o pastizal natural como manifestación dominante, pero con presencia de árboles forestales con FCC entre 5% y 10%. Representa la transición entre el monte arbolado y el monte desarbolado.

La **Superficie Forestal Desarbolada** supone una FCC  $<$  5% de las especies forestales arbóreas, si las tiene, y está formada por el monte desarbolado, cuya definición es la siguiente:

- **Monte desarbolado:** terreno poblado con especies de matorral y/o pastizal natural o con débil intervención humana, con presencia o no de árboles forestales, pero con **FCC  $<$  5%**.

En algunas fuentes estadísticas diferentes del IFN2 e IFN3, como el Censo Agrario de 1999 y organismo estadísticos regionales, la superficie forestal arbolada coincide exactamente o con muy pocas diferencias (inferiores al 3% para las provincias de Alicante, Castellón, Valencia, Ciudad Real y Lugo en las que se han desarrollado proyectos con la metodología descrita en esta tesis) con las superficies clasificadas como "Especies arbóreas forestales", por ello se incluye su definición a continuación:

Especies arbóreas forestales: Se incluyen en esta modalidad las superficies cubiertas de especies arbóreas forestales, que no son utilizadas principalmente con fines agrícolas o con otros fines distintos de los forestales. Están incluidas las choperas en el interior o en el exterior de los bosques, los montes de castaños y nogales destinados principalmente a la producción de madera, las plantaciones de árboles de Navidad y los viveros forestales que se encuentren en bosques y se destinen a las necesidades propias de la explotación. Se incluyen igualmente las superficies cubiertas de árboles o arbustos forestales que ejercen principalmente una función de protección, así como las líneas de árboles que hay fuera de los bosques y los linderos arbolados que por su importancia se considere conveniente incluir en la superficie arbolada.

---

<sup>6</sup> **Fracción cabida cubierta (FCC).** es la superficie cubierta por la proyección de las copas del arbolado, expresada en porcentaje respecto a la superf

### **Definición de las especies predominantes**

Aunque en el IFN2 e IFN3 se distinguen más de 300 especies forestales son sólo 25 las que suponen el 96% de la superficie y son predominantes tanto en superficie ocupada como en producción maderera, y que por tanto, serán aquellas en las cuales se realizarán principalmente los tratamientos selvícolas (selvicultura productiva).

Tabla 3-IX. Superficie forestal según características de la vegetación (IFN3, 2005)

<b>C.C.A.A.</b>	<b>Coníferas <sup>7</sup> (Ha)</b>	<b>Frondosas<sup>8</sup> (Ha)</b>	<b>Mixtas (Ha)</b>	<b>Total arbolado (Ha)</b>
<b>Andalucía <sup>(1)</sup></b>	618.331	1.420.329	67.591	2.106.251
<b>Aragón</b>	834.575	181.621	561.794	1.577.991
<b>Principado de Asturias</b>	35.964	386.045	29.107	451.117
<b>Baleares</b>	92.236	78.731	15.410	186.377
<b>Canarias</b>	81.759	36.474	15.858	134.091
<b>Cantabria</b>	20.248	169.279	24.730	214.257
<b>Castilla La Mancha</b>	1.103.669	1.100.444	535.484	2.739.598
<b>Castilla y León</b>	906.025	1.698.476	377.817	2.982.318
<b>Cataluña</b>	716.058	335.117	575.037	1.626.212
<b>Comunidad Valenciana <sup>(1)</sup></b>	360.194	142.727	125.358	628.280
<b>Extremadura</b>	121.648	1.643.561	156.041	1.921.250
<b>Galicia</b>	506.026	562.417	337.008	1.405.451
<b>La Rioja</b>	47.777	100.906	20.868	169.552
<b>Comunidad de Madrid</b>	80.009	157.249	32.828	270.086
<b>Región de Murcia</b>	270.621		45.670	316.292
<b>Comunidad Foral de Navarra</b>	97.299	285.246	80.120	462.664
<b>País Vasco</b>	178.596	159.737	52.278	390.610
<b>Total Nacional</b>	<b>6.071.036</b>	<b>8.458.360</b>	<b>3.053.001</b>	<b>17.582.397</b>

(1) Nota: Los datos de la Comunidad Valenciana y Andalucía corresponden al IFN2.

En la Tabla 3-IX se puede concluir que ambos grupos de especies, coníferas y frondosas, son relevantes a nivel nacional y que según comunidades autónomas una puede ser hasta cuatro o cinco veces superior a la otra en superficie.

<sup>7</sup> **Conífera:** Árbol o arbusto gimnospermo, de hojas persistentes, aciculares y en forma de escamas, cuyo fruto tiene forma de cono y sus ramas presentan un contorno cónico, como el pino, abeto, ciprés, etc.

<sup>8</sup> **Frondosa:** Nombre vulgar con el que generalmente se alude al grupo botánico de las Angiospermas. Generalmente rboles de hoja plana y caduca, por ejemplo chopo, eucalipto, encina, roble...

Tabla 3-X. Superficie arbolada por especies para España (IFN2)

ESPECIE	% SUPERFICIE ARBOLADA	% ACUMULADO
Quercus ilex	21,2%	21%
Pinus halepensis	10,1%	31%
Pinus pinaster	9,3%	41%
Pinus sylvestris	8,3%	49%
Quercus pyrenaica / Quercus humilis	6,9%	56%
Pinus nigra	5,5%	61%
Eucalyptus sp. / E. globulus y E. camadulensis *	4,8%	66%
Quercus faginea / Quercus canariensis	3,8%	70%
Quercus robur / Quercus petraea	3,4%	73%
Quercus suber	3,3%	77%
Fagus sylvatica	3,1%	80%
Juniperus spp.	3,0%	83%
Pinus pinea	2,2%	85%
Populus nigra / P.x canadensis	1,8%	87%
Castanea sativa	1,8%	89%
Pinus radiata	1,6%	90%
Fraxinus spp.	1,3%	91%
Alnus glutinosa	1,2%	93%
Pinus uncinata	1,0%	94%
Betula spp.	0,7%	94%
Abies alba	0,6%	95%
Pinus canariensis	0,5%	96%
Olea europea	0,3%	96%
Mirica faya / Erica arborea	0,2%	96%
Otros	4,0%	100%

En la Tabla 3-X anterior puede observarse como sólo 15 especies suponen casi el 90% de la superficie arbolada de España.

Tabla 3-XI. Volumen con corteza <sup>9</sup> (VCC) por especies para España (IFN2)

ESPECIE	% VCC	% acumulado
P. sylvestris	15,6%	15,6%
P. pinaster	15,3%	31,0%
Fagus sylvatica	7,9%	38,8%
P. halepensis	7,7%	46,5%
P. nigra	7,6%	54,1%
Q. ilex	7,0%	61,2%
Eucalyptus sp. / E. globulus y E. camadulensis *	6,3%	67,5%
Q. pyrenaica / Q. humilis	5,3%	72,8%
P. radiata	4,7%	77,5%
Q. robur / Q. petraea	4,5%	82,0%
Castanea sativa	2,8%	84,8%
P. pinea	2,1%	86,8%
Populus nigra / P.x canadensis	1,9%	88,7%
Q. suber	1,7%	90,4%
Q. faginea / Q. canariensis	1,6%	92,0%
P. uncinata	1,5%	93,6%
P. canariensis	1,1%	94,7%
Abies alba	0,7%	95,4%
Juniperus spp.	0,7%	96,1%
Betula spp.	0,6%	96,7%
Alnus glutinosa	0,3%	97,0%
Fraxinus spp.	0,2%	97,2%
Mírlica faya / Erica arborea	0,2%	97,3%
Olea europea	0,1%	97,5%
Otros	2,5%	100,0%

Viendo la tabla anterior puede concluirse que con 10 especies se cubre prácticamente el 80% de la superficie arbolada. Cabe resaltar que la especie Quercus ilex que representa el 21.2% de la superficie arbolada sólo supone el 7% del volumen maderable con corteza. En cuanto a volumen maderable son las variedades Pinus las que suponen el mayor porcentaje de volumen maderable y se obtiene que las sólo las 5 variedades principales (P. Sylvestris, P. Pinaster, P. Halepensis, P. Nigra, P. radiata suponen el 51% del volumen maderable de España):

<sup>9</sup> **Volumen con Corteza (VCC).** Se obtiene mediante la cubicación de un árbol en pie, es decir, el cálculo de la madera que almacena ó volumen maderable del tronco principal, desde la base hasta el diámetro mínimo de 7,5 cm, excluidas las ramas.

Tabla 3-XII. Volumen de cortas por especies para España (Anuario agroalimentario 2006)

ESPECIES	Cortas (m3 con corteza)	2004	2003	2001
Pino uncinata	68.204	0,60%	0,51%	0,29%
Pino silvestre	882.063	7,71%	8,16%	6,69%
Pino laricio (ó negral)	316.873	2,77%	2,66%	2,63%
Pino pinaster	2.876.272	25,13%	25,93%	24,26%
Pino pinea	106.128	0,93%	0,85%	0,93%
Pino halepensis	193.796	1,69%	2,39%	2,09%
Pino canario	2.268	0,02%	0,06%	0,08%
Pino radiata	1.525.328	13,33%	13,15%	15,29%
Abetos	8.713	0,08%	0,03%	0,07%
Enebros	-	-	-	0,01%
Sabinas	31	0,00%	0,03%	0,00%
Otras coníferas	57.146	0,50%	0,51%	0,66%
<b>TOTAL CONÍFERAS</b>	<b>6.036.821</b>	<b>52,74%</b>	<b>54,28%</b>	<b>53,00%</b>
Nogal	555	0,00%	0,00%	0,01%
Chopos	633.524	5,54%	5,81%	6,74%
Abedul	10.010	0,09%	0,04%	0,08%
Aliso	34.779	0,30%	0,20%	0,13%
Haya	60.418	0,53%	0,55%	0,58%
Castaño	73.717	0,64%	0,65%	1,07%
Quercus petrea	2.899	0,03%	0,02%	0,02%
Quercus robur	12.942	0,11%	0,86%	0,34%
Otros quercus	132.116	1,15%	0,73%	0,95%
Olmo	61.516	0,54%	2,05%	0,02%
Eucaliptos	4.338.839	37,91%	34,34%	36,19%
Fresno	1.726	0,02%	0,01%	0,02%
Otras frondosas	<b>45.845</b>	<b>0,40%</b>	<b>0,45%</b>	<b>0,87%</b>
<b>TOTAL FRONDOSAS</b>	<b>5.408.886</b>	<b>47,26%</b>	<b>45,72%</b>	<b>47,00%</b>
<b>TOTAL CONÍFERAS Y FRONDOSAS</b>	<b>11.445.707</b>	<b>100,00%</b>	<b>100,00%</b>	<b>100,00%</b>
<b>TOTAL CONÍFERAS Y FRONDOSAS</b>	<b>11.445.707</b>		<b>12.058.654</b>	<b>11.494.977</b>

De manera detallada para la metodología se obtendrán los coeficientes de generación de residuos forestales de las siguientes especies:

**Coníferas:**

- *Pinus sylvestris*
- *Pinus pinaster*
- *Pinus halepensis*
- *Pinus nigra*
- *Pinus radiata*

**Fronosas:**

- **Chopos (*Populus: Populus nigra, Populus alba, Populus deltoides*)**
- **Eucalipto (principalmente *E. globulus, E. camaldulensis, E. saligna grandis*)**
- ***Quercus (Quercus suber, Quercus rotundifolia (Q. ilex), Quercus pyrenaica, Quercus faginea (lusitanic)***
- **Haya (*Fagus Sylvatica*)**

Se estima que las especies seleccionadas suponen el 85 – 90% tanto de la superficie arbolada como del volumen maderable con corteza. El resto de especies o grupos de especies se estimarán como mezcla de las anteriores considerando una generación de residuos más genérica.

En este apartado (tanto para especies frondosas como coníferas) ha sido fundamental la utilización de los datos obtenidos en el proyecto europeo BIOSOUTH<sup>10</sup>. En este proyecto se han realizado mediciones en campo de la cantidad de residuos obtenidos por árbol para las especies más importantes y para distintos tamaños de tronco (clases diamétricas). Estos estudios han sido especialmente útiles ya que están referidos a casos específicos de 2 regiones: Navarra (España) y Toscana (Italia), con resultados transponibles a otras regiones del Sur de Europa. Además las mediciones se realizaron recientemente, en el periodo 2004 – 2006. En cada caso se consideró residuo (en todos los casos se considera la corteza) a:

- Poda: Todo el residuo que queda tras la poda
- Clareos: todo el árbol apeado, ya que se considera que este no tiene valor comercial actual.
- Claras: Todo aquella fracción que no tenga un valor comercial actual, siguiendo como criterio, las partes del tronco y ramas con un diámetro menor de 7 cm., y las partes superiores a este diámetro que no tengan una longitud superior a 2 m. Se incluye hojas y frutos.
- Cortas finales: Igual que el caso de claras.

En el proyecto BIOSOUTH se midió la producción de residuos por árbol teniendo en cuenta el tamaño del árbol (clase diamétrica) y la especie. En esta tesis se ha convertido esta relación en cantidad de residuos producidos en función del volumen con corteza de madera extraído (de esa manera se consigue independizarse del número de árboles). La utilización del volumen con corteza como indicador puede ser muy útil ya que es un factor básico en la gestión forestal y condensa, en su cálculo, características de cada especie, edad y estado de la masa forestal a través de múltiples ecuaciones.

---

<sup>10</sup> Proyecto BIOSOUTH: Análisis tecno-económico de la producción y uso de los biocombustibles para aplicaciones de calor y frío en el sur de Europa. (<http://www.bio-south.com/>)

Para obtener la cantidad de residuos por unidad de volumen con corteza se ha comparado el peso de residuos obtenido (en el proyecto BIOSOUTH) por árbol con el volumen con corteza de cada árbol para cada clase diamétrica (estos datos han sido obtenidos del IFN2 e IFN3).

El residuo de cortas finales depende del número de árboles presentes en la parcela y, puesto que realmente este sólo se produce al final del ciclo productivo, se supondrá un número máximo de árboles por hectárea y en caso de que el número de árboles (número de pies) presentes en la parcela analizada sea superior a este valor se tomará el máximo propuesto.

***Se puede concluir que el residuo total será el obtenido debido a la extracción de VCC de la parcela en los tratamientos selvícolas más el residuo obtenido en la corta final de los árboles.***

Los datos de frecuencia de las operaciones selvícolas y volumen maderable extraído han sido obtenidos del Plan General de Ordenación Forestal de la Comunidad Valenciana y, en concreto, de su anejo sobre Selvicultura y Ordenación.

El volumen maderable comercial por hectárea se obtiene de los inventarios forestales nacionales (en la actualidad disponibles el IFN2 para todas las provincias y el IFN3, más actual, para la mayoría).

En ocasiones se proporcionan porcentajes de extracción referidos al número de árboles en lugar de al volumen con corteza estimado. En los tratamientos selvícolas realizados se ha observado según las tablas de producción de volumen maderable que el porcentaje de extracción referido a número de árboles extraídos es siempre mayor al referido al volumen extraído en un factor 1,1 – 1.4, se tomará el valor 1,25 en caso de necesitarse para cálculos. Esto se explica porque los árboles que se extraen son preferiblemente aquellos de menor calidad, con desperfectos o de menor tamaños y que normalmente presentan un volumen maderable por unidad (pié o árbol extraído).

### **CONIFERAS:**

- **Grupo de pino carrasco (*Pinus halepensis*)**
- **Grupo del pino piñonero o pino doncel (*Pinus pinea*); podrá aparecer algún ejemplar de encina en determinadas situaciones**
- **Grupo del pino negral o laricio (*Pinus nigra*)**. La encina está presente en situaciones muy concretas, aunque el frío limitará fuertemente su presencia; presencia de quejigo con facilidad
- **Grupo del pino rodeno (*Pinus pinaster*)**. La encina, con su plasticidad, estará presente sólo de forma aislada. El quejigo con seguridad.
- **Grupo del pino rojo o silvestre (*Pinus sylvestris*)**. El quejigo y el rebollo podrán estar presentes.

En el grupo de las coníferas se considerará una producción de residuos en función del volumen maderable en el rango 485 – 825 kg/m<sup>3</sup> (en fresco) obtenido de estudios en campo. Como valor representativo se tomara 600 kg/m<sup>3</sup>, considerando una humedad del 60%

➤ **Grupo de pino carrasco (Pinus halepensis)**

Frecuencia de tratamiento, años	CVE, Volumen extraído (%), respecto existencias VCC	CR Residuos
15	20 – 21%	627 kg/m3VCC
<p>Plan Forestal CV: Duración del ciclo de vida: 75 – 90 años                      BIOSOUTH:                      35.72 t / ha (no incluido residuo de cortas 69.8 t / ha → 0.8725 t / ha·año ; 1243 árboles / ha en E4 → 0.000702 t / ha·árbol·año)                      Duración del ciclo de vida: 80 años → 0,45 t / ha·año</p> <p>Pino alepo D &lt;10 cm → 7 kg / pie (diámetros inferiores a 7 cm)                      Pino alepo D = 10 - 20 cm → 52.8 kg / pie (diámetros inferiores a 7 cm)                      Pino alepo D = 20 - 30 cm → 154 kg / pie (diámetros inferiores a 7 cm)</p> <p>Según IFN2 y comparando con datos de "pino alepo" de producción de residuos en el proyecto BIOSOUTH:</p> <p>Pinus HALEPENSIS, CD = 10 cm → 0.028 m3 VCC / pie → 250 kg / m3VCC                      Pinus HALEPENSIS, CD = 15 cm → 0.064 m3 VCC / pie → 825 kg / m3VCC                      Pinus HALEPENSIS, CD = 25 cm → 0.191 m3 VCC / pie → 806 kg / m3VCC                      PROMEDIO → 627 kg / m3VCC</p>		

➤ **Grupo del pino piñonero o pino doncel (Pinus pinea); podrá aparecer algún ejemplar de encina en determinadas situaciones**

Frecuencia de tratamiento, años	CVE, Volumen extraído (%), respecto existencias VCC	CR, Residuos
15	20 – 25%	600 kg /m3VCC
Valores considerados por defecto.		

➤ **Grupo del pino negral o laricio (Pinus nigra).**

Frecuencia de tratamiento, años	CVE, Volumen extraído (%), respecto existencias VCC	CR Residuos
15	21 – 29%	416 kg /m3VCC
<p>Plan Forestal CV: Duración del ciclo de vida: 135 – 140 años</p> <p>BIOSOUTH:                      60 t / ha (no incluido residuo de cortas 84 t / ha → 0.6 – 1.4 t / ha·año, 140 – 60 años ; 552 árboles / ha en E4 → 0.001086 – 0.002536 t / ha·árbol·año)                      Duración del ciclo de vida: 60 años → 1. t / ha.año</p> <p>Pino laricio D = 10 - 20 cm → 37 kg / pie (diámetros inferiores a 7 cm)                      Pino laricio D = 20 - 30 cm → 85.2 kg / pie (diámetros inferiores a 7 cm)                      Pino laricio D = 30 - 40 cm → 220.1 kg / pie (diámetros inferiores a 7 cm)</p> <p>Según IFN2 y comparando con datos de “pino laricio” de producción de residuos en el proyecto BIOSOUTH:</p> <p>Pinus NIGRA, CD = 15 cm → 0.069 m3 VCC / pie → 536 kg / m3VCC                      Pinus NIGRA, CD = 25 cm → 0.252 m3 VCC / pie → 338 kg / m3VCC                      Pinus NIGRA, CD = 35 cm → 0,59 m3 VCC / pie → 373 kg / m3VCC                      PROMEDIO → 415.7 kg / m3VCC</p>		

➤ **Grupo del pino rodeno ( Pinus pinaster).**

Frecuencia de tratamiento, años	CVE, Volumen extraído (%), respecto existencias VCC	CR Residuos
15	20 – 25%	600 kg /m3VCC
<p>Plan Forestal CV: Duración del ciclo de vida: 115 años</p> <p>Se considerara un valor de residuos de cortas de 0.4 t / Ha.año y un máximo de 500 árboles por hectárea.</p>		

➤ **Grupo del pino rojo o silvestre (Pinus sylvestris ).**

Frecuencia de tratamiento, años	CVE, Volumen extraído (%), respecto existencias VCC	CR Residuos
15	50 – 65%	485 kg /m <sup>3</sup> VCC
<p>Plan Forestal CV: Duración del ciclo de vida: 120 años</p> <p>BIOSOUTH: 131 t / ha (no incluido residuo de cortas 56 t / ha → 0.467 t / ha·año ; 1025 arboles / ha en E4 → 0.0004556 t / ha·árbol·año) Duración del ciclo de vida: 120 años → 1.09 t / ha.año</p> <p>Pino silvestre D &lt; 10 cm → 21.35 kg / pie (diámetros inferiores a 7 cm) Pino silvestre D = 10 - 20 cm → 39 kg / pie (diámetros inferiores a 7 cm) Pino silvestre D = 20 - 30 cm → 72 kg / pie (diámetros inferiores a 7 cm) Pino silvestre D = 30 - 40 cm → 154.5 kg / pie (diámetros inferiores a 7 cm)</p> <p>Según IFN2 y comparando con datos de "pino silvestre" de producción de residuos en el proyecto BIOSOUTH:</p> <p>Pinus SYLVESTRIS, CD = 10 cm → 0.024 m<sup>3</sup> VCC / pie → 889 kg / m<sup>3</sup>VCC Pinus SYLVESTRIS, CD = 15 cm → 0.074 m<sup>3</sup> VCC / pie → 527 kg / m<sup>3</sup>VCC Pinus SYLVESTRIS, CD = 25 cm → 0.265 m<sup>3</sup> VCC / pie → 272 kg / m<sup>3</sup>VCC Pinus SYLVESTRIS, CD = 35 cm → 0,620 m<sup>3</sup> VCC / pie → 249 kg / m<sup>3</sup>VCC PROMEDIO → 484.4 kg / m<sup>3</sup>VCC</p>		

➤ **OTRAS CONIFERAS Y MIXTOS**

Frecuencia de tratamiento, años	CVE, Volumen extraído (%), respecto existencias VCC	CR Residuos
15	20 – 65% → 35%	600 kg /m <sup>3</sup> VCC
<p>Se considerara un valor de residuos de cortas de 0.4 t / ha.año y un máximo de 500 árboles por hectárea.</p>		

**FRONDOSAS:**

- **Chopos (Populus: P. nigra, P. alba, P. deltoides),**
- **Eucalipto (principalmente E. globulus, E. camaldulensis, E. saligna grandis),**
- **Quercus (Quercus suber, Quercus rotundifolia (Q. ilex), Quercus pyrenaica, Quercus faginea(lusitanic)**
- **Haya (Fagus Sylvatica)**

En el caso de las frondosas el método de evaluación de los residuos podrá depender del volumen de madera extraído o del número de pies (especialmente en especies de corta rotación como el chopo ó el eucalipto).

➤ **Chopos (Populus: P. nigra, P. alba, P. deltoides),**

Frecuencia de tratamiento, años	CVE, Volumen extraído (%), respecto existencias VCC	CR Residuos
15 (corta final)	100%	200- 300 kg /m <sup>3</sup> VCC Se considerará el valor representativo de <b><u>0.01 t/pie·año</u></b>
<p>BIOSOUTH → residuos de corta 153 kg/árbol (adicionalmente pueden considerarse 63 kg/árbol de residuos de poda en los primeros años)</p> <p>Castilla y León 12,5 m<sup>3</sup>/ha.año → en 15 años 187.5 m<sup>3</sup></p> <p>Producción representativa para España → 10 – 20 m<sup>3</sup>/ha.año → en 15 años 150 – 300 m<sup>3</sup>/ha</p> <p>Densidad de árboles: 300 – 400 pies por ha</p> <p>Considerando 350 pies y 225 m<sup>3</sup>/ha → 0.64 m<sup>3</sup>/árbol (0.43 – 0.85 m<sup>3</sup>/árbol) → 240 kg/m<sup>3</sup>VCC</p> <p><b><u>Se evaluarán los residuos forestales de esta especie en función del número de pies.</u></b></p>		

➤ **Eucalipto (principalmente E. globulus, E. camaldulensis, E. saligna grandis),**

Frecuencia de tratamiento, años	CVE, Volumen extraído (%), respecto existencias VCC	CR Residuos
15 (corta final)	100%	<b>210 kg /m<sup>3</sup>VCC</b> 0.0038 – 0.0056 t/pie-año Se considerará el valor representativo de <b>0.0045 t/pie-año</b>
<p>Productividad = 100 – 300 m<sup>3</sup>/ha , 400 – 600 pies/ha → 200 m<sup>3</sup>/ha - Sudoeste ibérico                      Residuos estimados → 42 t/ha → considerando 500 pies/ha → 0.0056 t/pie-año                      Productividad = 260 – 670 m<sup>3</sup>/ha, 1200 – 2500 pies/ha → 465 m<sup>3</sup>/ha - Galicia                      Residuos estimados → 97.65 t/ha → considerando 1725 pies/ha → 0.0038 t/pie-año</p> <p>Corteza, ramas, hojas</p> <p>Eucaliptus: marco de plantación 400 - 2500 pies/ha.</p> <p>Aprovechamiento de la Biomasa Forestal producida por la Cadena Monte-Industria. Parte II: Cuantificación e Implicaciones ambientales                      Balboa, M.; Alvarez, J. G.;Rodríguez-Soalleiro, R.; Merino, A.                      Escuela Politécnica Superior, Universidad de Santiago de Compostela</p> <p>Resultados:                      - Productivid representativa de 225 t m.s / ha → 450 t/ha (considerando 50% de humedad)                      - 17.4 % del peso del eucalipto es residuo (incluyendo corteza), suponiendo densidad en verde de la madera (y del árbol entero) de 1 t/m<sup>3</sup> se obtienen 0.21 t de residuos por m<sup>3</sup> de madera. En varias parcelas la media fue de 70 - 90 t/ha de residuos (40 – 50% humedad).                      - La densidad media de plantación fué de 1725 pies/ha.</p> <p><b>Se evaluarán los residuos forestales de esta especie en función del número de pies.</b></p>		

➤ **Quercus Q1 (Quercus súber = alcornoque)**

Frecuencia de tratamiento, años	CVE, Volumen extraído (%), respecto existencias VCC	CR Residuos
15 – 20 años	-	-
<p>Duración del ciclo de vida: 100 - 150 años, excepcionalmente puede llegar a turnos máximos de 190 años</p> <p><u>Notas de la selvicultura:</u></p> <p>El primer clareo depende de la densidad inicial y del desarrollo de los brinzales y, por lo general se realiza entre los 15 y 20 años. Se dejan alrededor de 1.000 pies/ha y se hace poda de formación en los más gruesos. El segundo clareo o primera clara debe hacerse unos años antes de la primera saca de corcho, cuando tienen entre 25 y 35 años. Se dejan de 450 a 550 pies/ha y se hace una poda de formación hasta los 2-2,5m.</p>		

➤ **Quercus Q2 (Quercus faginea (lusitanic) = quejigares, Quercus rotundifolia (Q. ilex), = encina)**

Frecuencia de tratamiento, años	CVE, Volumen extraído (%), respecto existencias VCC	CR Residuos
30 años	30%	955 kg/ m <sup>3</sup> VCC
<p>BIOSOUTH: 92 t/ha (no incluido residuo de cortas 81.5 t/ha) Duración del ciclo de vida: 100 años → 0.92 t/Ha.año Plantaciones productivas de 2000 – 2800 pies/ha</p> <p>Quercineas CD = 10 - 20 cm → 47 kg/pie (diámetros inferiores a 7 cm) Quercineas CD = 20 - 30 cm → 123 kg/pie (diámetros inferiores a 7 cm)</p> <p><u>Según IFN2</u> y comparando con datos de “quercineas” de producción de residuos:</p> <p>Quercus ILEX, CD = 15 cm → 0.046 m<sup>3</sup> VCC/pie → 1021 kg / m<sup>3</sup>VCC Quercus FAGINEA, CD = 15 cm → 0.054 m<sup>3</sup> VCC/pie → 870 kg /m<sup>3</sup>VCC</p> <p>Quercus ILEX, CD = 25 cm → 0.1 m<sup>3</sup>VCC/pie → 1230 kg / m<sup>3</sup>VCC Quercus FAGINEA, CD = 25 cm → 0.176 m<sup>3</sup> VCC/pie → 699 kg / m<sup>3</sup>VCC</p> <p>PROMEDIO → 955 kg / m<sup>3</sup>VCC</p>		

➤ **Quercus Q1 (Quercus robur = roble)**

Frecuencia de tratamiento, años	CVE, Volumen extraído (%), respecto existencias VCC	CR Residuos
5	6.3 – 12.7 → 9.5%	468 kg /m <sup>3</sup> VCC
<p><u>Según IFN2</u> y comparando con datos de “quercineas” de producción de residuos en el proyecto BIOSOUTH:</p> <p>Quercus ROBUR, D = 15 cm → 0.102 m<sup>3</sup> VCC /pie → 461 kg / m<sup>3</sup> VCC                      Quercus ROBUR, D = 25 cm → 0.259 m<sup>3</sup> VCC /pie → 475 kg / m<sup>3</sup> VCC                      PROMEDIO → 468 kg / m<sup>3</sup> VCC</p> <p>Datos para Gran Bretaña y Holanda datos para productividades de 3 –5 m<sup>3</sup> /Ha.año:</p> <p>“Tablas de producción para los montes españoles” A. Madrigal Collazo; J.G. Álvarez González; R. Rodríguez Soalleiro; A. Rojo Alboreca , Editorial: Fund. Conde del Valle de Salazar, 1999</p> <p>Duración del ciclo de vida: 120 - 150 años</p> <p><u>Extracción representativa de en un periodo de 5 años</u> (periodo representado en tablas):                      17 m3/ha para 130 – 240 m<sup>3</sup>/ha → 7 % - 13%                      13 m3/ha para 100 – 200 m<sup>3</sup>/ha → 6.5 % - 13%                      9 m3/ha para 75 – 170 m<sup>3</sup>/ha → 5.3% - 12%                      Promedio de extracción 9.47% cada 5 años</p> <p>(2.4 – 4.2 m3/ha.año con un valor bastante constante → 3.3 m<sup>3</sup>/ha.año)                      (1.12 – 1.96 t/ha.año → 1.54 t/ha.año) → para más de 130 pies por hectárea</p>		

➤ **Quercus Q1 (Quercus pyrenaica = melojo, Quercus pyrenaica Willd = rebollo)**

Frecuencia de tratamiento, años	CVE, Volumen extraído (%), respecto existencias VCC	CR Residuos
-	-	-
<p>Duración del ciclo de vida: 100 años</p>		

➤ **Haya (Fagus Sylvatica)**

Frecuencia de tratamiento, años	CVE, Volumen extraído (%), respecto existencias VCC	CR Residuos
10	Si VCC < 200 m <sup>3</sup> /ha → 9% 200 < VCC < 300 m <sup>3</sup> /ha → 6.5% VCC ≥ 300 m <sup>3</sup> /ha → 4%	165 kg / m <sup>3</sup> VCC
<p>BIOSOUTH: 158 t/ha (no incluido residuo de cortas 38.3 t/ha → 20 arboles &amp; 120 años → 0.01596 t/ha·arbol·año) Duración del ciclo de vida: 120 años → 1.32 t/Ha.año</p> <p>Haya D = 10 - 20 cm → 25,3 kg/pie (diámetros inferiores a 7 cm) Haya D = 20 - 30 cm → 75,1 kg/pie (diámetros inferiores a 7 cm) Haya D = 40 - 50 cm → 252,5 kg/pie (diámetros inferiores a 7 cm)</p> <p>Según IFN2 y comparando con datos de "quercineas" de producción de residuos en el proyecto BIOSOUTH:</p> <p>Fagus SYLVATICA, CD = 20 cm → 0.2 m<sup>3</sup> VCC/pie → 126 kg /m<sup>3</sup>VCC Fagus SYLVATICA, CD = 30 cm → 0.44 m<sup>3</sup> VCC/pie → 170 kg /m<sup>3</sup>VCC Fagus SYLVATICA, CD = 50 cm → 1,27 m<sup>3</sup> VCC/pie → 199 kg /m<sup>3</sup>VCC PROMEDIO → 165 kg /m<sup>3</sup>VCC</p> <p>Extracción representativa de en un periodo de 10 años (periodo representado en tablas): CALIDAD II (4 – 5 m<sup>3</sup>/ha·año) y CALIDAD III (3 – 4 m<sup>3</sup>/ha·año) En porcentaje respecto al volumen con corteza supone un 8 – 10% hasta alcanzar un volumen por hectárea de 200 – 300 m<sup>3</sup>VCC/ha, entonces la extracción ya no es creciente con el volumen sino que se mantiene en el rango 15 – 24 m<sup>3</sup>/ha y supone un 3 – 5% del volumen presente en la parcela.</p> <p>Duración del ciclo de vida: 150 - 180 años.</p> <p>"Tablas de producción para los montes españoles" A. Madrigal Collazo; J.G. Álvarez González; R. Rodríguez Soalleiro; A. Rojo Alboreca, Editorial: Fund. Conde del Valle de Salazar, 1999</p>		

➤ **FORESTAL GENÉRICO**

Frecuencia de tratamiento, años	CVE, Volumen extraído (%), respecto existencias VCC	CR Residuos
-	-	-
Valor de referencia en el rango 0.5 – 1 t/ha.año		

**En la metodología detallada el forestal genérico no se ha considerado y no aporta biomasa residual.**

### ❖ **Residuos procedentes de Matorral**

En estudios precedentes sobre biomasa forestal, como los citados en apartados anteriores, el estudio suele estar enfocado a la biomasa residual procedente de actuaciones sobre árboles y no se estima la biomasa procedente de matorral detalladamente, por ellos se muestra a continuación una metodología sencilla para ello basada en otras fuentes bibliográficas y datos del Inventario Forestal (IFN3).

Para la estimación de la biomasa forestal proveniente de las zonas de matorrales se pueden utilizar los datos provenientes del IFN3. En este inventario se incluye la ocupación (fracción cabida cubierta) en porcentaje de superficie ocupada por matorral y su altura media. Con esto valores se puede estimar el volumen de matorral y mediante la densidad aparente puede obtenerse la cantidad de biomasa proveniente de matorral por hectárea. La frecuencia de los tratamientos de limpieza ó extracción de estos matorrales se fijará en 15 años.

El matorral tiene una humedad muy variable que puede ir desde el 25 al 80%, siendo el rango más habitual el del 35-70% de humedad dependiendo del terreno, climatología y otros, como valor por defecto se tomara el valor de 55% (en base húmeda).

En estudios<sup>11</sup> realizados por Castro et al. se concluyó que, para 17 especies típicas (las más frecuentes en las 541 parcelas forestales que se analizaron) del matorral mediterráneo de la península ibérica la variable volumen aparente, también llamado biovolumen, definida como el producto entre cobertura y altura de los ejemplares muestreado, es la medida estructural más idónea para la estimación del peso seco. Los ejemplares de matorral presentaron alturas de 0.1 a 2 m y coberturas del 1 – 100%, los ejemplares correspondieron a montes en el rango de altitud 280 – 1160 m.

En estudios<sup>12</sup> realizados en la Comunidad Autónoma de Galicia sobre las especies: *Genista* spp, *Quercus coccifera*, *Erica* spp., *Ulex* spp.

Los valores de densidad obtenidos estuvieron en el rango 0.0048 – 0.0057 t/m<sup>3</sup> (biomasa húmeda), calculado el volumen como superficie ocupada por el matorral multiplicado por la altura del matorral. En este caso, puesto que el estudio se realizó en montes gallegos, con clima más fresco, húmedo y lluvioso, cabe esperar un contenido en humedad en los matorrales mayor al promedio del 55% considerado.

---

<sup>11</sup> "Funciones de estimación de la biomasa aérea de varias especies del matorral mediterráneo del centro de la península Ibérica" Isabel Castro, Miguel Ángel Casado, Lucía Ramírez-Sanz, José Manuel de Miguel, Margarita Costa, Francisco Díaz Pineda. Orsis 11, 1996 107 – 116

<sup>12</sup> "Estudio de los recursos de fitomasa en la zona 1 de la Comunidad Autónoma de Galicia", realizado por Tecnologías y Servicios Agrarios S.A. (TRAGSATEC) para Gestión Energética de Galicia, S.A. (GESTENGA; 1997).

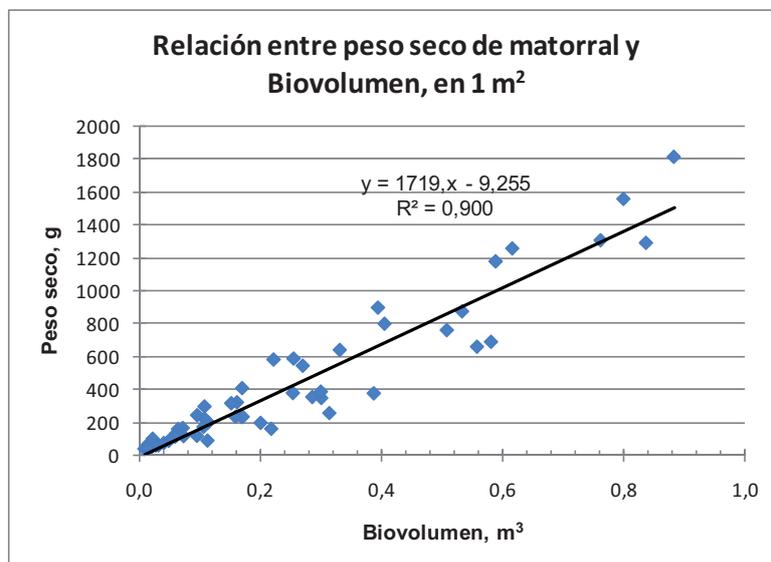


Figura 3-2 Peso seco de matorral en función del volumen aparente o biovolumen

En este gráfico se observa que en el ajuste lineal  $y = a \cdot x + b$ , el término constante  $b$  presenta un valor muy bajo y que, prácticamente la recta pasa por el origen. Se puede concluir que la densidad aparente genérica en peso seco del matorral es  $0.00172 \text{ t/m}^3$ . Considerando un contenido en humedad del 55% se obtendría una densidad aparente en fresco de  $0.00382 \text{ t/m}^3$ .

Se puede concluir que para el cálculo de la biomasa seca procedente de matorrales (sin distinguir especies) la ecuación sería la siguiente:

$$\begin{aligned} &\text{Biomasa seca de matorral (t/ha)} \\ &= FCC_M(\%) \cdot 10000 \text{ m}^2/\text{ha} \cdot H_M \text{ (m)} \cdot DAP_M \text{ (t/m}^3\text{)} \end{aligned} \quad (3-1)$$

Donde,

$FCC_M$ : fracción cabida cubierta de matorral en la parcela

$H_M$ : altura del matorral, habitualmente en el rango 0.05 – 2.30 m.

$DAP_{M0}$ : densidad aparente del matorral, valor por defecto de  $0.004 \text{ t/m}^3$

Puesto que la limpieza de bosques y tratamiento selvícolas que aportarían estos residuos no son anuales, el equivalente anual se obtendría dividiendo la masa de matorral (t/ha) obtenida entre la frecuencia o turno del tratamiento que habitualmente es de 5 a 15 años. Cabe resaltar que este matorral se extraerá, sobretodo, en masas forestales jóvenes.

### 3.2.3.3.- Residuos de industrias agrícolas / agroalimentarias

Para las industrias agrícolas / agroalimentarias la cantidad de biomasa generada en un complejo industrial se calculará de la siguiente manera:

#### ✓ Utilización de los coeficientes $CR_p$

Para la industria a analizar la biomasa residual total (t/año) se calculará como:

$$\text{Biomasa total (t/año)} = \text{Consumo de materia prima (t / año)} \cdot CR_p \quad (3-2)$$

donde  $CR_p$  es el coeficiente de generación de residuos en función de la producción.

#### Industrias agrícolas del aceite y vino

Los coeficientes utilizados para cuantificar los residuos de alperujos y orujos de uva se basan en la producción final de aceite y vino, son del tipo  $CR_p$ . Para obtener la cantidad de residuos generados en una zona concreta se han relacionado las producciones de vino y aceite con la superficies de cultivos de viña y olivo respectivamente (ver Tabla 3-XIII y Tabla 3-XIV), este análisis es válido cuando se utilizan unidades geográficas como municipios o comarcas, ya que estos productos suelen producirse con los frutos locales obtenidos.

En el caso de la producción de aceite de oliva se ha analizado el sector en la Comunidad Valenciana ya que según el sistema productivo (tradicional, de 2 fases y de 3 fases) la cantidad y características de los residuos producidos serán distintas. El sistema de producción en 3 fases produce un residuo sólido con un apreciable contenido en aceite y que se suele aprovechar para la obtención de aceite de orujo, en el caso del sistema de 2 fases se produce un residuo sólido pastoso llamado alperujo con elevada humedad ( $\approx 60\%$ ) que contiene poco aceite y que requiere una adecuada gestión. Según el Ministerio de agricultura, pesca y alimentación en la campaña 2003-2004 el porcentaje de producción de aceite de oliva en sistemas de 2 fases fue del 74% en Alicante, 64% en Castellón y 66% en Castellón. La tendencia actual es el sistema de producción de 2 fases por ello se han considerado los coeficientes de generación de residuos de este sistema productivo además, en el sistema de producción de 3 fases también se genera un residuo sólido similar al de 2 fases pero con un contenido en humedad del 30 – 35%.

Tabla 3-XIII. Superficies de cultivo de olivo y vid y producciones de aceites de oliva y vino en la Comunidad Valenciana.

Industria	Provincia	Superficie cultivo (ha)			Producción (t)		
		Promedio 1993-2002	2003	2004	Promedio 1993-2002	2003	2004
ACEITE DE OLIVA (Alperujo)	Alicante	31462	32968	32971	6146	7279	3600
	Castellón	35129	35170	35486	6522	7258	5789
	Valencia	29303	32810	33122	6457	11010	3565
VINO (Orujos de uva)	Alicante	18127	17616	15502	28700	38900	27400
	Castellón	1101	1133	1051	1600	1200	1200
	Valencia	56206	59624	55694	181500	308800	274600

Tabla 3-XIV. Productividad de aceite y vino para la Comunidad Valenciana.

Industria	Provincia	Productividad promedio
		(t/ha)
ACEITE DE OLIVA	Alicante	0,18
	Castellón	0,19
	Valencia	0,22
VINO	Alicante	1,85
	Castellón	1,22
	Valencia	4,45

Tabla 3-XV. Residuos Industria aceite y vino, CR<sub>P</sub>, CR<sub>S</sub>.

Planta y producto	Prov.	Residuo	CR <sub>P</sub> (t/t) Residuo / producto	CR <sub>S</sub> (*) t/ha húmedo	Humedad % base húmeda	Cenizas % base seca	PCS (MJ/kg seco)
ALMAZARA ACEITE	Alicante	alperujo 2 fases	3,6	0,63	60%	4%	18,8
	Castellón		3,6	0,67	60%	4%	18,8
	Valencia		3,6	0,80	60%	4%	18,8
EXTRACTORA VINO	Alicante	Orujos; pieles, semillas, raspón	0,185	0,34	50%	-	18,9
	Castellón		0,185	0,23	50%	-	18,9
	Valencia		0,185	0,82	50%	-	18,9

(\*) Suponiendo la mayoría de los centros de producción de vino y aceite localizados cerca de los puntos de producción, la producción de vino y aceite y la consiguiente generación de residuos en el proceso se calculan en función del área de cultivo de uva y vid en la zona analizada. En el caso de la obtención de vino, el residuo suele enviarse en su mayoría a otras empresas para obtención de alcohol y es en estas empresas en las que se dispondrá del residuo para su aprovechamiento energético.

### **Otras industrias agroalimentarias**

A título informativo se incluye en la Tabla 3-XVI y Tabla 3-XVII algunos coeficientes de generación de residuos en industrias agroalimentarias. La Tabla 3-XVI está referida a industrias que producen biomasa con un contenido en humedad bajo o moderado (biomasa seca, < 60% humedad), y la Tabla 3-XVII incluye industrias que producen mayormente residuos con elevado contenido en humedad y cuyo aprovechamiento energético necesitaría de un fuerte proceso de secado o la generación de biogás en sistemas de digestión anaerobia.

Tabla 3-XVI. Residuos otras industrias agroalimentarias (biomasa seca), CR<sub>p</sub>

<b>Planta y producto</b>	<b>residuo</b>	<b>CR<sub>p</sub> (t/t)<sup>(a)</sup></b> Residuo / producto	<b>Humedad (%)</b>	<b>Estacionalidad</b>
Molino de arroz	la cáscara de arroz	0.16	10%	Todo el año
Fábricas de algodón	residuos del algodón, semillas	0.1	13%	Septiembre - Abril
Fábricas de conservas del melocotón	hueso del melocotón	0.33 - 0.45	20%	Julio - Septiembre
Fábricas aceitunas de mesa	Hueso de aceituna	0.21	30%	Noviembre - Julio
Planta pelado Nuez	Cáscara de nuez	1.5	8%	Todo el año
Planta pelado Almendra	cáscara de la almendra	0.95	5 - 10%	Todo el año
Planta pelado Avellana	cáscaras de la avellana	1.07	5 - 10%	Todo el año
Producción de zumo de naranja	Pieles y pulpa de naranja	1.6	50 – 60 %	-

(a) Fuentes:

- EUBIONET (2003) "Biomass survey in Europe. Country report of Greece" European Bioenergy Network. European Energy Exchange. Available in: <http://www.eubionet.net/>.
- Aprofitament de subproductes a les indústries agroalimentaries. N. Sanjuán ... [et al.] Valencia, Universidad Politècnica de Valencia, 2001

Tabla 3-XVII. Residuos otras industrias agroalimentarias (biomasa húmeda), CRMP

PRODUCTO	RESIDUO <sup>(a)</sup>	CR <sub>MP</sub> (t/t) <sup>(b)</sup> RESIDUO / MAT.PRIMA	ESTACIONALIDAD
Tomate	Pieles, pepitas, podrido	0.15	Agosto - Septiembre
Pimiento piquillo	Corazones, restos piel	0.53	Septiembre - Diciembre
Pimiento morrón	Corazones, restos piel	0.63	Septiembre - Diciembre
Espárrago	Pieles	0.51	Abril- Junio
Alcachofa	Brácteas, tallos	0.63	Abril- Junio
Judía verde	Puntas	0.28	Julio - Septiembre
Champiñón	Cortes de raíz, destrío	0.21	Octubre - Junio
Puerro*	Hojas, raíces	0.47	Noviembre - Marzo
Brotes de ajo	Partes blancas	0.17	Junio - Agosto
Borraja*	Hojas	0.28	Noviembre - Febrero
Cardo*	Pencas, hojas, corazón	0.65	Diciembre - Marzo
Acelga*	Pencas. hojas	0.48	Diciembre - Marzo
Espinaca	Hojas secas, amarillas	0.13	-

(a) En estas industrias el residuo generado tiene un elevado contenido en humedad (60 – 90%)

(b) Fuente: Guía de Mejores Técnicas Disponibles en España para el sector de Transformados Vegetales. Ministerio de Medio Ambiente, 2006, I.S.B.N. MMA: 84-8320-339-1

### 3.2.3.4.- Residuos de jardinería

Los residuos de jardinería pueden ser importantes en algunas zonas, para cuantificarlos de manera aproximada se han utilizado valores de referencia del Plan Integral de Residuos (PIR) de la Comunidad Valenciana elaborado en 1997. En el PIR se cuantificaron los residuos de jardinería generados en cada provincia considerando las poblaciones con más de 20.000 habitantes, considerando la población total perteneciente a estas poblaciones en el años 1998 se han calculado los coeficientes  $CR_p$ .

En este caso el “producto” indicador utilizado para estimar la cantidad de residuos generados anualmente por municipio ha sido la población, como no se han encontrado grandes diferencias para las tres comarcas, se ha considerado un coeficiente único aplicable a toda la Comunidad Valenciana.

Tabla 3-XVIII. Coeficientes  $CR_p$  para los residuos de jardinería

PROVINCIA	Residuos de jardinería t/año	Población 1998 (núcleos >20000 hab)	$CR_p$ (t/hab)
CASTELLÓN	2.933	258.208	0,011
VALENCIA	19.248	1.399.729	0,014
ALICANTE	9.862	965.663	0,010
		<b>promedio =</b>	<b>0,0118</b>

Para estos residuos se ha considerado una humedad del 50%(en base húmeda), 17 MJ/kg (en base seca) y un 4% de cenizas en base seca.

### 3.2.3.5.- Cultivos energéticos

Los cultivos energéticos presentan la particularidad de que la superficie destinada a ellos no está fijada en la actualidad o sólo lo está parcialmente, y que la biomasa extraída de ellos no es de carácter residual. La estimación de la superficie para estos cultivos suele basarse en criterios de disponibilidad de tierras de bajo coste y bajo rendimiento y/o tierras destinadas a cereales y otros cultivos herbáceos, y políticas energéticas y/o agrícolas que los favorezcan.

Como base de decisión para ubicar las tierras destinadas a cultivos energéticos se tendrá en cuenta:

- Precios de los terrenos agrícolas en función del cultivo implantado en la actualidad, caracterización en cuanto a secano o regadío y provincia de pertenencia. Los precios considerados estarán referidos al canon de arrendamiento.

- Objetivos energéticos planteados por el PER a corto (2010) y medio plazo (2020) para biomasa y biocarburantes.

- Limitación superior de porcentaje de superficie destinada a biomasa y biocarburantes, siempre debe ser inferior al porcentaje de superficie destinada a barbecho en la actualidad (20-40% en España, fuente ESYRCE 2006), para minimizar posibles impactos sobre precios de otros productos (cereales, leche, pan, y otros derivados). En este mismo apartado se justificará porque se considera que la superficie de barbecho es un máximo aceptable y posible.

La productividad de estos cultivos energéticos se basará en estudios realizados para España en el caso del cardo (en función de la provincia y precipitaciones medias), y productividades medias a nivel provincial de cultivos destinados a aceite, cereales y otros cultivos industriales (remolacha, sorgo,..). En el caso de estos últimos las productividades son conocidas ya que son cultivos tradicionales en los que la diferencia vendría, básicamente, en el uso final del producto que sería energético en lugar de alimentario.

#### Precios de los terrenos agrícolas

En estudios precedentes realizados por el IDAE los cánones de arrendamiento considerados como aceptables desde el punto de vista de viabilidad económica están en el rango 100 – 250 €/ha.

El Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente publicó, en 2006, el documento Evolución del Precios de la Tierra y Cánones de Arrendamiento Rústicos, en base a este documento se pueden concluir los precios y tendencia de arrendamiento, y la relación con el precio de compra de la tierra para el periodo 1998-2006.

➤ **LABOR DE SECANO**

El precio de las tierras ocupadas por labor de secano a lo largo del período referenciado ha pasado de 3.871 €/ha. A 5.675 €/ha., mientras que la variación de los cánones ha sido de 82 €/ha. a 106 €/ha. Estos valores indican que los precios se han multiplicado por 1,5, mientras que los cánones lo han hecho por 1,3. El ritmo de crecimiento es más acelerado y regular en el caso de los precios. La relación media entre ambos valores es de 1:50. En superficie suponen un total de 10,4 millones de hectáreas para el territorio español.

➤ **LABOR DE REGADÍO**

El precio de las tierras ocupadas por labor de regadío a lo largo del período referenciado ha pasado de 11.341 €/ha. a 16.369 €/ha., mientras que la variación de los cánones ha sido de 365 €/ha. a 467 €/ha. Estos valores indican que los precios se han multiplicado por 1,4, mientras que los cánones lo han hecho por 1,3. El ritmo de crecimiento es ligeramente más acelerado en el caso de los precios. La relación media entre ambos valores es de 1:33. En superficie suponen un total de 2 millones de hectáreas para el territorio español.

➤ **Otros**

El precio de las tierras ocupadas por olivar de transformación de secano a lo largo del período referenciado ha pasado de 11.579 €/ha. a 18.153 €/ha., mientras que la variación de los cánones ha sido de 213 €/ha. a 282 €/ha. La relación media entre ambos valores es de 1:60.

Aunque no se dispone de precios de arrendamiento para tierras destinadas a frutales, cítricos, viñedo, arroz, hortalizas y otros, los precios de compra, superiores a los de labor de regadío o del olivar hacen presuponer que estas superficies no son, a priori, susceptibles de aprovechamiento con cultivos energéticos o biocarburantes.

Tabla 3-XIX. Precio medio de las tierras de labor de secano por Comunidades Autónomas (euros por hectárea)

CCAA	1998	2000	2002	2004	2005	Canon arrendamiento: precio 2005 · 1/50
<b>GALICIA</b>	12.260	12.419	14.028	15.075	<b>14.963</b>	<b>299</b>
<b>P. DE ASTURIAS</b>	---	---	---	---	---	---
<b>CANTABRIA</b>	---	---	---	---	---	---
<b>PAÍS VASCO</b>	6.461	7.212	8.052	8.825	<b>9.275</b>	<b>186</b>
<b>NAVARRA</b>	5.746	6.142	7.857	9.233	<b>11.214</b>	<b>224</b>
<b>LA RIOJA</b>	4.099	4.850	4.947	5.433	<b>5.711</b>	<b>114</b>
<b>ARAGÓN</b>	1.594	1.600	1.619	1.661	<b>2.928</b>	<b>59</b>
<b>CATALUÑA</b>	4.695	5.475	6.718	7.584	<b>8.016</b>	<b>160</b>
<b>BALEARES</b>	7.398	9.334	12.314	14.293	<b>17.667</b>	<b>353</b>
<b>CASTILLA y LEÓN</b>	3.154	3.715	4.073	4.387	<b>4.463</b>	<b>89</b>
<b>MADRID</b>	5.307	5.109	5.367	7.762	<b>9.334</b>	<b>187</b>
<b>CASTILLA-LA MANCHA</b>	2.634	2.904	4.120	4.378	<b>4.419</b>	<b>88</b>
<b>C. VALENCIANA</b>	2.504	3.009	3.323	3.706	<b>4.189</b>	<b>84</b>
<b>R. DE MURCIA</b>	1.953	2.885	3.450	5.450	<b>5.421</b>	<b>108</b>
<b>EXTREMADURA</b>	1.813	2.305	2.718	3.082	<b>3.090</b>	<b>62</b>
<b>ANDALUCÍA</b>	6.507	8.049	8.141	9.680	<b>11.077</b>	<b>222</b>
<b>CANARIAS</b>	32.718	32.718	64.043	39.799	<b>42.243</b>	<b>845</b>
<b>ESPAÑA</b>	3.871	4.471	5.146	5.675	<b>6.169</b>	<b>123</b>

Fuente:

"Encuesta de Precios de la tierra 2005 (base 1997). Principales Resultados". Subdirección general de estadísticas agroalimentarias. Ministerio de Agricultura, pesca y alimentación. Junio de 2006

Como muestra la tabla anterior, exceptuando Canarias y considerando el canon de arrendamiento como 1/50 del precio de venta, se obtiene que los precios de arrendamiento para tierras de labor de secano (aptas para el cultivo energético) se situó en el rango 59 – 299 €/ha·año. Este rango de valores junto con el valor medio real del canon de arrendamiento de estas tierras en el 2006 situado en 106 €/ha·año, hacen suponer que las tierras de labor de secano son las más susceptibles de ser ocupadas por cultivos energéticos.

Tabla 3-XX. Precio medio de las tierras de labor de regadío por Comunidades Autónomas (euros por hectárea)

CCAA	1998	2000	2002	2004	2005	Canon arrendamiento: precio 2005 · 1/33
<b>GALICIA</b>	22.859	20.732	24.836	26.571	<b>26.422</b>	<b>801</b>
<b>P. DE ASTURIAS</b>	---	---	---	---	---	---
<b>CANTABRIA</b>	---	---	---	---	---	---
<b>PAÍS VASCO</b>	---	---	---	---	---	---
<b>NAVARRA</b>	12.327	11.690	12.611	13.632	<b>14.154</b>	<b>429</b>
<b>LA RIOJA</b>	11.606	12.459	12.611	14.148	<b>15.241</b>	<b>462</b>
<b>ARAGÓN</b>	7.918	8.745	8.322	8.549	<b>12.956</b>	<b>393</b>
<b>CATALUÑA</b>	9.379	11.362	13.450	15.584	<b>16.597</b>	<b>503</b>
<b>BALEARES</b>	16.143	18.060	22.581	24.261	<b>26.445</b>	<b>801</b>
<b>CASTILLA y LEÓN</b>	7.128	8.141	9.139	9.180	<b>9.170</b>	<b>278</b>
<b>MADRID</b>	10.578	12.892	13.379	13.154	<b>14.502</b>	<b>439</b>
<b>CASTILLA-LA MANCHA</b>	7.568	10.289	11.501	13.558	<b>13.900</b>	<b>421</b>
<b>C. VALENCIANA</b>	12.504	14.513	21.318	28.577	<b>35.880</b>	<b>1.087</b>
<b>R. DE MURCIA</b>	14.424	16.708	27.000	33.300	<b>35.154</b>	<b>1.065</b>
<b>EXTREMADURA</b>	6.456	9.058	10.523	11.800	<b>11.771</b>	<b>357</b>
<b>ANDALUCÍA</b>	19.618	21.047	22.395	25.461	<b>27.684</b>	<b>839</b>
<b>CANARIAS</b>	64.253	75.304	119.447	99.026	<b>100.582</b>	<b>3.048</b>
<b>ESPAÑA</b>	11.341	12.829	14.789	16.369	<b>17.922</b>	<b>543</b>

Fuente:  
"Encuesta de Precios de la tierra 2005 (base 1997). Principales Resultados". Subdirección general de estadísticas agroalimentarias. Ministerio de Agricultura, pesca y alimentación. Junio de 2006

En la tabla anterior puede concluirse que para algunas comunidades puede haber un porcentaje de otros grupos de cultivo (labor de regadío) que con carácter local pueden ser utilizados pero, previsiblemente, con márgenes de beneficio muy ajustados

El Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente no ha publicado, con posterioridad al 2006, informes sobre los cánones de arrendamiento. No obstante sí que se dispone de precios de compra de tierras agrarias para el 2011(ver Figura 3-3), y puede concluirse que los precios de compra y, presumiblemente, los precios de alquiler son muy similares a los del 2006.

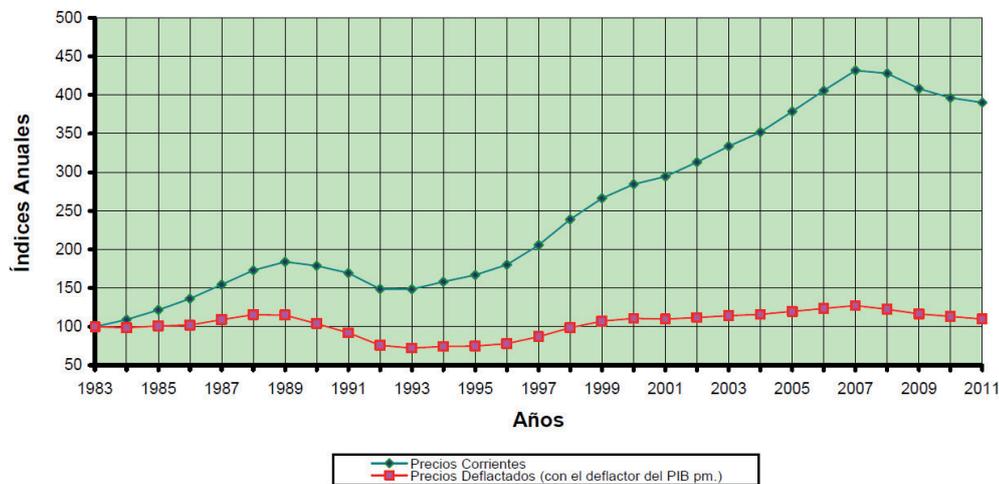


Figura 3-3 Encuesta de Precios de la Tierra 2011  
(Fuente: <http://www.magrama.gob.es>)

En cantidad, las tierras de labor de secano según datos ESYRCE 2006 (ver tabla siguiente) ascendieron a 10,5 millones de hectáreas, de las cuales 3 – 3.5 millones de hectáreas fueron de barbecho<sup>13</sup> (85% concentrado en las Comunidades Autónomas de Andalucía, Castilla La Mancha, Castilla y León, y Aragón que, además, son las comunidades autónomas con mayor potencial para cultivo energético según el PER 2005-2010). En algunas estadísticas agrícolas la superficie de barbecho incluye las tierras destinadas a posío<sup>14</sup> asociado al aprovechamiento ganadero aunque, normalmente este uso no supone más del 5 – 10% de la superficie de barbecho (cabe exceptuar Baleares y Extremadura donde el uso de posío supone el 40% y 54% respectivamente)

<sup>13</sup> El concepto clásico de barbecho como una tierra labrada de secano, en la que no hay ningún cultivo sembrado, que ha recibido las labores propias de esta práctica cultural tradicional, consistentes en labores profundas de alzado del cultivo soportado anteriormente y pases posteriores de cultivador para eliminar malas hierbas, se ha ido ampliando en los últimos años.

El nuevo marco de la PAC define una serie de condiciones de mantenimiento mínimo que deben cumplir los barbechos, las tierras de retiradas y las no cultivadas para ser susceptibles de recibir ayudas:

- prácticas tradicionales de cultivo
- mínimo laboreo
- mantenimiento de una cubierta vegetal adecuada, bien sea espontánea, bien sea sembrada.

<sup>14</sup> El término posío implica por una parte la explotación en secano, el cultivo de cereal en hojas de más de dos años y el aprovechamiento ganadero de la superficie. Normalmente el posío se asocia a zonas de ganadería extensiva o adhesada.

Tabla 3-XXI. Superficie de tierras de labor de secano y uso por Comunidad Autónoma.

Provincias y CC.AA	TIERRAS DE LABOR de secano (ha)		Barbecho + Posío		
	Total	Cultivos Herbáceos	Superficie , ha	%barbecho +posío	%sólo barbecho
A CORUÑA	90.155	87.097	3.059	3,4%	-
LUGO	98.530	93.278	5.252	5,3%	-
OURENSE	21.380	18.514	2.866	13,4%	-
PONTEVEDRA	28.880	27.559	1.321	4,6%	-
<b>GALICIA</b>	238.946	226.448	12.498	5,2%	5,1%
<b>P.DE ASTURIAS</b>	20.186	19.772	414	2,1%	2,1%
<b>CANTABRIA</b>	4.927	4.757	170	3,5%	3,5%
ALAVA	55.737	50.148	5.589	10,0%	-
GUIPUZCOA	226	212	14	6,2%	-
VIZCAYA	143	140	3	2,1%	-
<b>PAIS VASCO</b>	56.106	50.500	5.606	10,0%	9,6%
<b>NAVARRA</b>	234.245	188.419	45.825	19,6%	19,6%
<b>LA RIOJA</b>	72.575	53.289	19.286	26,6%	22,4%
HUESCA	332.332	223.881	108.451	32,6%	-
TERUEL	332.463	188.311	144.152	43,4%	-
ZARAGOZA	532.895	275.163	257.732	48,4%	-
<b>ARAGON</b>	1.197.690	687.356	510.335	42,6%	41,8%
BARCELONA	106.636	91.915	14.721	13,8%	-
GIRONA	62.205	51.057	11.149	17,9%	-
LLEIDA	173.115	153.914	19.201	11,1%	-
TARRAGONA	27.929	21.150	6.779	24,3%	-
<b>CATALUÑA</b>	369.885	318.036	51.850	14,0%	14,0%
<b>BALEARES</b>	86.998	54.066	32.932	37,9%	22,5%

Fuente: ENCUESTA SOBRE SUPERFICIES Y RENDIMIENTOS DE CULTIVOS (ESYRCE). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 2006

Tabla 3-XXI. Superficie de tierras de labor de secano y uso por Comunidad Autónoma (CONT.).

Provincias y CC.AA	TIERRAS DE LABOR de secano (ha)		Barbecho + Posío		
	Total	Cultivos Herbáceos	Superficie , ha	%barbecho +posío	%sólo barbecho
AVILA	158.831	126.524	32.307	20,3%	-
BURGOS	567.508	494.175	73.333	12,9%	-
LEON	216.363	108.111	108.253	50,0%	-
PALENCIA	433.761	364.999	68.762	15,9%	-
SALAMANCA	270.351	193.879	76.473	28,3%	-
SEGOVIA	259.504	206.724	52.781	20,3%	-
SORIA	361.722	282.471	79.251	21,9%	-
VALLADOLID	481.495	404.065	77.430	16,1%	-
ZAMORA	359.901	200.592	159.308	44,3%	-
<b>CASTILLA Y LEON</b>	<b>3.109.436</b>	<b>2.381.539</b>	<b>727.897</b>	<b>23,4%</b>	<b>22,3%</b>
<b>MADRID</b>	<b>135.239</b>	<b>60.006</b>	<b>75.234</b>	<b>55,6%</b>	<b>53,9%</b>
ALBACETE	469.603	239.700	229.903	49,0%	-
CIUDAD REAL	628.188	267.116	361.072	57,5%	-
CUENCA	623.870	506.787	117.083	18,8%	-
GUADALAJARA	334.445	230.857	103.588	31,0%	-
TOLEDO	558.662	285.565	273.097	48,9%	-
<b>CASTILLA LA MANCHA</b>	<b>2.614.769</b>	<b>1.530.026</b>	<b>1.084.743</b>	<b>41,5%</b>	<b>37,8%</b>
ALICANTE	22.706	7.619	15.087	66,4%	-
CASTELLON	18.237	9.031	9.206	50,5%	-
VALENCIA	37.442	18.349	19.092	51,0%	-
<b>C. VALENCIANA</b>	<b>78.384</b>	<b>34.999</b>	<b>43.385</b>	<b>55,3%</b>	<b>50,6%</b>
<b>MURCIA</b>	<b>145.310</b>	<b>62.167</b>	<b>83.143</b>	<b>57,2%</b>	<b>57,2%</b>
BADAJOS	582.029	316.467	265.561	45,6%	-
CACERES	148.564	41.271	107.293	72,2%	-
<b>EXTREMADURA</b>	<b>730.593</b>	<b>357.738</b>	<b>372.855</b>	<b>51,0%</b>	<b>23,4%</b>
ALMERIA	48.011	19.456	28.555	59,5%	-
CADIZ	214.924	188.140	26.784	12,5%	-
CORDOBA	293.697	216.914	76.783	26,1%	-
GRANADA	197.543	119.666	77.877	39,4%	-
HUELVA	97.469	62.923	34.546	35,4%	-
JAEN	50.568	33.375	17.193	34,0%	-
MALAGA	89.094	72.921	16.173	18,2%	-
SEVILLA	451.381	380.343	71.038	15,7%	-
<b>ANDALUCIA</b>	<b>1.442.688</b>	<b>1.093.739</b>	<b>348.949</b>	<b>24,2%</b>	<b>21,5%</b>
PALMAS (Las)	10.326	1.133	9.192	89,0%	-
Sta.C.TENERIFE	5.716	3.915	1.802	31,5%	-
<b>CANARIAS</b>	<b>16.042</b>	<b>5.048</b>	<b>10.994</b>	<b>68,5%</b>	<b>61,5%</b>
<b>ESPAÑA</b>	<b>10.554.018</b>	<b>7.127.904</b>	<b>3.426.115</b>	<b>32,5%</b>	<b>28,6%</b>

La técnica del barbecho ha sido hasta hace relativamente pocos años una necesidad por la poca o nula utilización de abonos, naturales o químicos, que se hacía, comúnmente para minimizar costes de producción.

En la actualidad el habitual uso de fertilizantes químicos, disponibilidad de fertilizantes orgánicos de bajo coste (lodos de depuradora, compost, otros residuos orgánicos y deyecciones ganaderas,...), los herbicidas ha hecho que la necesidad del barbecho sea muy limitada. El incremento de productividad debido al año de barbecho (aproximadamente 10 – 15%) no justifica, habitualmente, la ausencia de producción durante un año [3.26]. Adicionalmente se ha comprobado que el barbecho es muy poco eficiente en cuanto a la acumulación de agua [3.25] (como se ha creído tradicionalmente en muchas zonas).

Actualmente el barbecho está disminuyendo mucho. Los agricultores hacen uso de todo el terreno cultivable cada año [3.26], añadiendo los fertilizantes necesarios y es la PAC la que tradicionalmente ha establecido un porcentaje de barbecho obligatorio (10% desde 2003). Sin embargo, desde la cosecha 2007 – 2008 se suprimió la obligatoriedad del barbecho, y aún así en la superficie de barbecho en 2009 fue similar a la de 2006 y se situó en 3,4 millones de hectáreas.

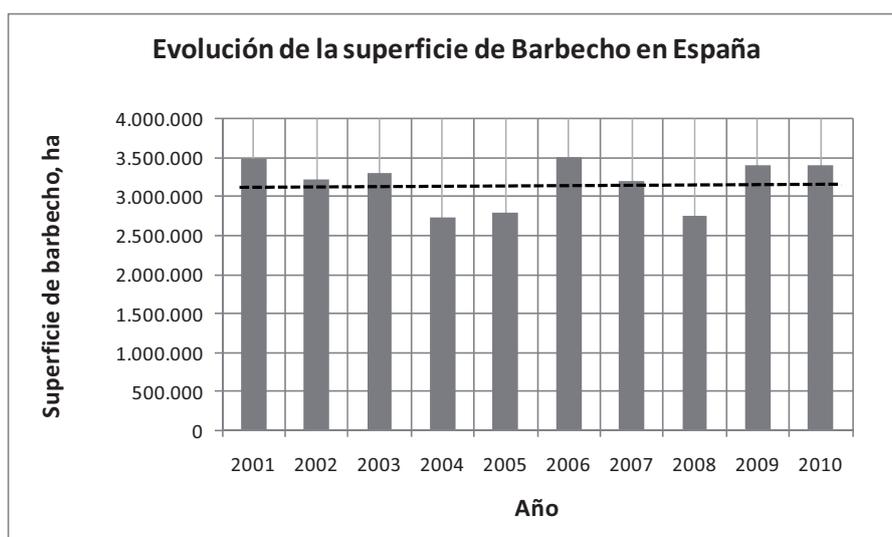


Figura 3-4 Superficie de de barbecho en España.  
(Fuente: ESYRCE 2009)

Aunque en la actualidad se ha suprimido el barbecho obligatorio, no obstante, todo parece indicar que la superficie que se dejaba en barbecho en los últimos años sería aquella menos productiva, o simplemente no utilizada por multitud de razones (baja rentabilidad de los productos agrícolas, abandono de las tierras...).

Considerando los objetivos que el PER planteó para el año 2010 en cuanto a biocarburantes y cultivos energéticos y el rendimiento energético por unidad de superficie de estos cultivos, estimado según el propio PER, en la siguiente tabla se resumen las superficie de cultivo necesarias para cumplir los objetivos fijados.

Tabla 3-XXII. Necesidades de superficie para el cumplimiento de los objetivos del PER en biocombustibles y cultivos energéticos

BIOCOMBUSTIBLE	OBJETIVO <sup>(a)</sup> , TEP	Intensidad energética, TEP/ha		Superficie necesaria	
		Rango	valor considerado	kha	%
BIOEDIESEL (25%PER)	1.375.000	0,3 - 0,5	0,4	3438	61,8%
BIOETANOL (25%PER)	825.000	0,35 - 0,75	0,5	1650	29,6%
CULTIVOS ENERGÉTICOS	1.910.000	5 - 8,5	6	318	8,6%
Total de superficie:				1590	100%

Como se muestra en la Tabla 3-XXII las necesidades de superficie superan a la actual superficie de barbecho (3 millones de hectáreas aproximadamente) y pueden suponer el 50% de la superficie de labor de secano utilizada.

Según datos del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, una gran parte de la materia prima necesaria para cumplir los objetivos de producción de biocarburantes del Plan de Energías Renovables, deberá ser importada, ya que en nuestro país no hay superficie suficiente para cultivo agroenergético. Para el caso del biodiesel los cálculos del Ministerio hablan del 75% de materia prima importación.

Cabe resaltar que entre las materias primas para biodiesel y bioetanol se están utilizando en la actualidad aceites vegetales usados y excedentes de alcohol vínico respectivamente.

En la Tabla 3-XXIII se muestra el escenario probable, comentado en párrafos anteriores de contemplar un 75% de importación de grano para biocarburantes y utilización de otras materias primas (aceite vegetal usado, alcoholes vínicos,...):

Tabla 3-XXIII. Necesidades de superficie para el cumplimiento de los objetivos del PER en biocombustibles y cultivos energéticos (75% de importación de materias primas).

BIOCOMBUSTIBLE	OBJETIVO <sup>(a)</sup> , TEP	Intensidad energética, TEP/ha		Superficie necesaria		
		Rango	valor considerado	kha	%	
BIOEDIESEL (25%PER)	343.750	0,3 - 0,5	0,4	859	54,0%	
BIOETANOL (25%PER)	206.250	0,35 - 0,75	0,5	413	25,9%	
CULTIVOS ENERGÉTICOS	1.910.000	5 - 8,5	6	318	20,0%	
				Total de superficie:	1590	100%

(a) se ha impuesto que el nuevo objetivo es cubrir el 25% del objetivo real ya que el 75% restante se cubrirá, principalmente, mediante importación de materias primas.

Puesto que la suma de las superficies es inferior a la totalidad de la superficie de barbecho, y como escenario probable, los porcentajes se distribuirán a favor de los cultivos energéticos considerando que un total del 75% de la superficie de barbecho es aprovechada en cultivos energéticos (cultivo del cardo) o biocarburantes ya que:

- la posibilidad de aprovechamiento en otras plantas de biomasa es factible para producción de pellets, electricidad o cogeneración.
- La competencia con otras fuentes de biomasa (importación) es menor
- El impacto sobre precios de cereales ...etc es, a priori, menos probable.
- Además, es susceptibles de su aprovechamiento para biocarburantes:
  - En el caso del cardo, las semillas suponen el 13% en peso de la planta y son ricas en aceite (25% en peso) y podrían generarse 500 – 700 kg aceite de semilla de cardo por hectárea.
  - Para combustibles de segunda generación a partir de biomasa lignocelulósica (gasificación de biomasa + conversión del gas de síntesis a biocarburantes).
- Los objetivos en cuanto a generación de electricidad con biomasa presentan un nivel de cumplimiento de objetivos muy bajo y este recurso podría incrementar notablemente la potencia instalable en zonas ricas en recursos de biomasa leñosa agrícola y forestal.

En el escenario probable, E75, de utilización de un total del 75% de la superficie de barbecho en cultivos energéticos (cultivo del cardo) o biocarburantes se obtienen los resultados de la Tabla 3-XXIV.

Tabla 3-XXIV. Necesidades de superficie para el cumplimiento de los objetivos del PER en biocombustibles y cultivos energéticos (escenario E75, 75% de utilización de superficie de barbecho).

BIOCOMBUSTIBLE	OBJETIVO <sup>(a)</sup> , TEP	Intensidad energética, TEP/ha		Superficie necesaria	
		Rango	valor considerado	kha	%
BIOEDIESEL (25%PER)	343.750	0,3 - 0,5	0,4	859	37,8%
BIOETANOL (25%PER)	206.250	0,35 - 0,75	0,5	413	18,2%
CULTIVOS ENERGÉTICOS	6.000.000	5 - 8,5	6	1000	44%
Total de superficie:				2272	100%

Según los valores observados anteriormente se puede hacer las siguientes observaciones:

- Las tierras de labor de secano desde el punto de vista económico pueden ser, a priori, utilizadas para cultivos energéticos.
- El cumplimiento de los objetivos fijados por el PER en cuanto a cultivos energéticos y biocarburantes no sería teóricamente alcanzable con la porción de superficie de labor de secano que actualmente se destina a barbecho (considerando que toda la materia prima es cultivada en suelo nacional).
- Aunque la disponibilidad de superficie agrícola nacional para el cultivo energético es insuficiente, este objetivo no es necesario ya que en la actualidad y, como tendencia generalizada, se están utilizando materias primas con origen distinto al proveniente directamente del suelo agrícola nacional (aceites vegetales usados, excedentes de alcoholes vínicos, importación,...)
- Conviene tener en cuenta que las necesidades de superficie para el grupo biodiesel + bioetanol + cultivo energético podrían no ceñirse a tierras de labor de secano, ya que también puede ser utilizado terreno forestal para cultivos energéticos (i.e. Eucaliptos) y tierras de regadío para cultivos con el objetivo de producir biocarburantes (cereales, remolacha, oleaginosas). La superficie forestal arbolada y las tierras de labor de regadío de España suponen en la actualidad 11,5 y 1,6 millones de hectáreas respectivamente.

- Aunque el 85% de la superficie de labor de secano en barbecho, considerada como disponible para cultivos energéticos en general se ubica en las Comunidades Autónomas de Andalucía, Castilla La Mancha, Castilla y León, y Aragón, las elevadas necesidades de superficie, de diversificar los cultivos para obtención de biocarburantes y la dispersión geográfica (actual y en previsión) de las plantas de biomasa y biocarburantes recomiendan maximizar también la contribución del resto de comunidad autónomas.
- La utilización de tierras actualmente en barbecho debería garantizar un impacto mínimo sobre precios de materias primas para uso alimentario, ganadero y derivados, ya que no entrarían en competencia directa.
- El reparto teórico de superficie de labor de secano en barbecho ( $SLS_{\text{barbecho}}$ ) entre los tres destinos (biodiesel, bioetanol y cultivos energéticos) sería:

▪ <b>Biodiesel</b>	→ $SLS_{\text{barbecho}} \cdot 0,378$
▪ <b>Bioetanol</b>	→ $SLS_{\text{barbecho}} \cdot 0,182$
▪ <b>Cultivos Energéticos</b>	→ $SLS_{\text{barbecho}} \cdot 0,44$

**Cultivos energéticos - Zonas prioritarias de actuación (PER):**

Se han considerado como zonas prioritarias de actuación aquellas donde la superficie agrícola destinada a cultivos supone un porcentaje importante del total de territorio regional. Estas zonas engloban las Comunidades Autónomas de Andalucía, Castilla La Mancha, Castilla y León, y Aragón. Estas cuatro Comunidades reúnen el 80 % del potencial de recursos de producción con cultivos energéticos, superando los 4.600.000 tep/año (Tabla 3-XXV).

Tabla 3-XXV. Potencial de cultivos energéticos (biomasa lignocelulósica) por CCAA según el PER 2005-2010.

Comunidad	Cultivos energéticos (tep)	Porcentaje	Recursos existentes (tep)	Recursos existentes (t)
Andalucía	1.061.828	18,4%	1.061.828	2.949.522
Aragón	716.299	12,4%	716.299	1.989.719
Asturias	0	0,0%	0	0
Baleares	0	0,0%	0	0
Canarias	0	0,0%	0	0
Cantabria	0	0,0%	0	0
Castilla-La Mancha	1.130.223	19,6%	1.130.223	3.139.508
Castilla-León	1.700.445	29,5%	1.700.445	4.723.458
Cataluña	277.007	4,8%	0	0
Com. Valenciana	0	0,0%	0	0
Extremadura	383.940	6,7%	0	0
Galicia	0	0,0%	0	0
La Rioja	23.118	0,4%	0	0
Madrid	96.940	1,7%	0	0
Navarra	194.959	3,4%	0	0
País Vasco	55.591	1,0%	0	0
Región de Murcia	128.213	2,2%	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>5.768.56</b>	<b>100%</b>	<b>4.608.795</b>	<b>12.802.208</b>

En el caso de los biocarburantes el objetivo fijado para 2010 fue de 2200 ktep. Este objetivo exigía aumentar la capacidad de producción en 2.000.00 tep (750.000 tep para el bioetanol y 1.250.000 tep para el biodiésel). El objetivo en cuanto a consumo real no se alcanzó aunque la capacidad de producción es suficiente, como muestra la Figura 3-5.

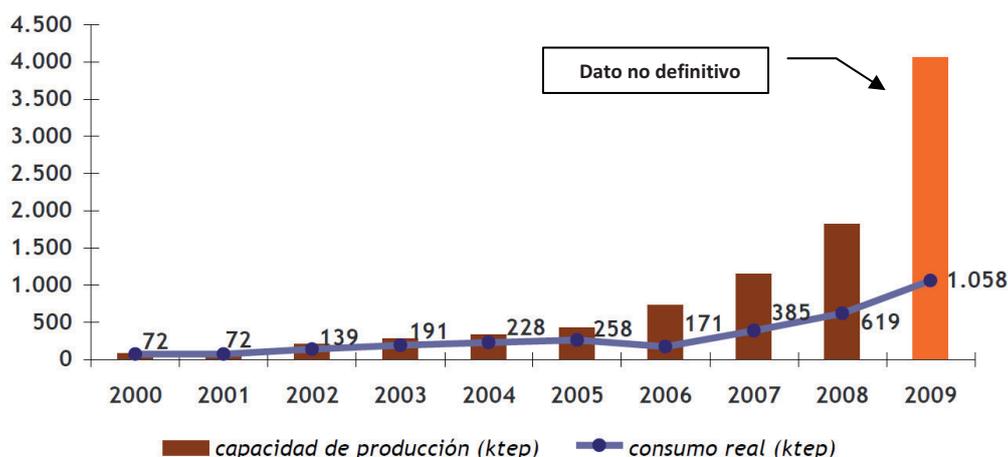


Figura 3-5 Evolución de la capacidad de producción y consumo de biocarburantes en España.  
(Fuente: PLAN DE ACCIÓN NACIONAL DE ENERGÍAS RENOVABLES DE ESPAÑA (PANER) 2011 – 2020).

La producción de biocarburantes en España se situó en 2006 en 445.577 toneladas (t), de las que un 72% correspondieron a bioetanol (321.000 t) y el resto a biodiésel (124.577 t). Esta cifra total de producción es un 44% superior a la alcanzada el año anterior. Al cierre del pasado ejercicio estaban en funcionamiento en España un total de 16 plantas de producción de biocarburantes, de las que 12 son de biodiésel y cuatro de bioetanol (Fuente: [www.biodieselspain.com](http://www.biodieselspain.com)).

En abril de 2007, había 19 plantas operativas de producción de biocarburantes, con fuertes diferencias entre la producción de biodiésel y bioetanol en España. A la fabricación del primero se dedican 15 de las 19 plantas existentes, con una capacidad productiva de 527.000 toneladas, mientras que para bioetanol tan solo había cuatro plantas dedicadas al bioetanol, con una capacidad de 441.000 toneladas.

Observando los objetivos del PER y sus estimaciones en cuanto a potencial para cultivos energéticos, puede observarse que el escenario E75 (ver Tabla 3-XXIV), comentado anteriormente, permite alcanzar los objetivos y es consistente con el potencial de cultivos energéticos estimado para España.

3.2.3.5.1. Bioetanol: Cultivos ricos en azúcares y almidones.

Las especificaciones de suelo, temperaturas óptimas, riego y rendimiento de estos cultivos en España, son de gran importancia para conocer la viabilidad técnica para la producción de los mismos, a continuación se presentan algunos de estos requerimientos a título orientativo (Tabla 3-XXVI).

Tabla 3-XXVI. Requerimientos de algunos cultivos ricos en azucares y almidones.

CULTIVO	Temperatura (°C)	Agua (mm. lluvia)	Tipo de suelo
Trigo	10-24	300-400	Preferible: Profundo No arcilloso Probable: arenoso (abundante lluvia en primavera)
Cebada	6-20	No faltar al inicio del desarrollo	Preferible: fértil No arcilloso Probable: poco profundo y pedregoso (no le puede faltar agua)
Pataca	Puede resistir heladas (-15)	Necesita tierras de regadío. Riego en verano.	Suelos sueltos y profundos
Sorgo Azucarero	15-32	Menos cantidad que el maíz (suficiente 5 riegos). Riego en verano.	Preferible: suelos sanos y profundos. Soporta terrenos alcalinos (CaCO <sub>3</sub> ) y algo de sal.

Fuente: <http://www.miliarium.com/Bibliografia/Monografias/Biocombustibles>

En las siguientes tablas (Tabla 3-XXVIII hasta Tabla 3-XXXII) se muestran la productividad y superficie de los cultivos más representativos para España. Aunque no se utiliza en la aplicación objeto de esta tesis se ha considerado útil dejar los datos procesados para futuras aplicaciones. La productividad de cereales y otros cultivos comunes para producción de bioetanol en distintas regiones de España puede estimarse con los datos aquí incluidos.

Para la correcta aplicación de las tablas se proporciona a continuación los códigos de cada provincia según a el Instituto Nacional de Estadística en la actualización correspondiente a 1 de Enero de 2010.

Tabla 3-XXVII. Relación de provincias españolas con sus códigos.

PROVINCIA	Código	PROVINCIA	Código
Álava	1	Lugo	27
Albacete	2	Madrid	28
Alicante/Alacant	3	Málaga	29
Almería	4	Murcia	30
Ávila	5	Navarra	31
Badajoz	6	Ourense	32
Balears (Illes)	7	Asturias	33
Barcelona	8	Palencia	34
Burgos	9	Pontevedra	36
Cáceres	10	Salamanca	37
Cádiz	11	Santa Cruz de Tenerife	38
Castellón/Castelló	12	Cantabria	39
Ciudad Real	13	Segovia	40
Córdoba	14	Sevilla	41
Coruña (A)	15	Soria	42
Cuenca	16	Tarragona	43
Girona	17	Teruel	44
Granada	18	Toledo	45
Guadalajara	19	Valencia/València	46
Guipúzcoa	20	Valladolid	47
Huelva	21	Vizcaya	48
Huesca	22	Zamora	49
Jaén	23	Zaragoza	50
León	24	Ceuta	51
Lleida	25	Melilla	52
Rioja (La)	26	-	-

Tabla 3-XXVIII. Cebada. Productividad y superficie periodo 1999 – 2005.

CEBADA	Provincia	Rendimiento Regadío	Rendimiento Secano	Superficie Regadío	Superficie Secano	Superficie Total
	Code_P	kg/ha	kg/ha	ha	ha	ha
	2	5.353	2.084	22.565	157.845	180.410
	3	4.052	1.237	1.483	2.820	4.302
	4	3.260	1.677	481	10.499	10.980
	5	3.945	2.551	6.423	82.045	88.467
	6	4.133	3.096	1.103	44.738	45.842
	8	5.015	2.512	1.284	43.550	44.834
	9	4.446	3.056	7.871	227.732	235.603
	10	4.225	2.675	780	3.696	4.477
	11	3.714	2.570	285	5.054	5.339
	12	4.379	2.079	28	3.925	3.954
	13	3.918	2.084	48.424	82.682	131.106
	14	3.260	2.139	355	5.286	5.641
	16	5.939	2.949	9.314	266.611	275.925
	17	3.068	2.607	2.387	13.313	15.700
	18	3.402	1.849	8.056	47.023	55.080
	19	4.056	2.767	3.299	121.047	124.346
	21	3.080	1.886	37	1.582	1.619
	22	3.718	2.585	29.133	148.944	178.078
	23	3.128	1.998	755	8.057	8.812
	24	5.010	2.638	7.050	22.532	29.582
	25	5.515	2.790	12.775	104.621	117.396
	26	4.743	3.478	3.632	16.042	19.674
	28	4.290	2.488	3.344	37.058	40.401
	29	4.138	2.800	694	5.020	5.715
	31	3.648	3.656	6.672	97.310	103.982
	32	4.367	3.033	21	637	658
	37	3.591	2.656	5.193	70.491	75.685
	40	4.598	2.647	8.149	124.869	133.018
	41	3.294	2.311	204	4.240	4.443
	42	3.098	2.486	6.514	135.489	142.004
	43	4.922	3.161	586	13.954	14.540
	44	3.239	1.845	7.624	123.798	131.421
	45	4.284	2.190	17.603	136.877	154.479
	46	5.087	2.390	148	8.703	8.851
	47	4.645	2.454	33.737	284.328	318.065
	49	4.482	2.193	8.816	70.804	79.620
	50	3.605	2.035	13.208	51.498	64.706
<b>Promedio / Total</b>		<b>4.140</b>	<b>2.489</b>	<b>280.033</b>	<b>2.584.720</b>	<b>2.800.049</b>

Tabla 3-XXIX. Maíz. Productividad y superficie periodo 1999 – 2005.

MAIZ	Provincia	Rendimiento Regadío	Rendimiento Secano	Superficie Regadío	Superficie Secano	Superficie Total
	Code_P	kg/ha	kg/ha	ha	ha	ha
	1	5.513	3.030	6	20	25
	2	12.243	3.500	21.762	18	21.781
	3	5.200	1.050	469	8	474
	4	3.970	713	33	4	36
	5	8.722	3.919	1.232	61	1.267
	6	10.712	--	40.662	--	40.662
	8	10.294	2.162	640	1.900	2.539
	9	9.371	5.088	970	118	1.037
	10	9.750	--	19.719	--	19.719
	11	12.220	4.140	3.697	92	3.789
	12	5.357	1.879	208	50	258
	13	11.800	4.946	5.976	20	5.996
	14	11.833	3.967	10.910	68	10.978
	15	5.888	4.083	533	11.157	11.689
	16	11.216	1.793	1.969	14	1.983
	17	10.253	6.694	7.853	2.842	10.696
	18	7.118	2.483	4.237	7	4.239
	19	11.292	7.667	6.050	15	6.060
	20	4.425	3.105	4	371	374
	21	9.694	2.936	417	139	556
	22	9.635	--	47.235		47.235
	23	9.932	2.538	1.525	13	1.538
	24	9.161	4.600	60.330	217	60.485
	25	10.319	5.522	26.383	159	26.542
	26	8.732	5.150	1.531	17	1.536
	27	6.750	4.617	41	2.376	2.396
	28	11.907	4.000	9.256	12	9.259
	29	6.783	1.117	584	50	634
	31	8.188	4.085	13.870	144	14.015
	32	6.814	4.625	557	2.709	3.173
	33		2.363		1.350	1.350
	36	5.674	3.743	2.307	6.681	8.659
	37	10.765	5.000	14.192	34	14.201
	38	3.000	1.399	290	185	476

Tabla 3-XXIX. Maíz. Productividad y superficie periodo 1999 – 2005 (CONTINUACIÓN).

MAIZ	Provincia	Rendimiento Regadío	Rendimiento Secano	Superficie Regadío	Superficie Secano	Superficie Total
	Code_P	kg/ha	kg/ha	ha	ha	ha
	39		4.708		71	71
	40	8.000	2.833	111	15	118
	41	11.582	1.958	21.552	233	21.785
	42	9.724	8.329	753	17	770
	43	7.866	3.492	138	4	142
	44	8.634	2.535	3.930	53	3.983
	45	10.402	2.202	13.564	23	13.583
	46	7.663	883	388	13	401
	47	10.449	3.000	16.440	4	16.440
	48	4.410	2.914	2	152	154
	49	9.177	4.733	22.899	140	23.018
	50	8.157	2.117	31.737	16	31.751
<b>Promedio / Total</b>		<b>8.604</b>	<b>3.620</b>	<b>327.111</b>	<b>31.170</b>	<b>335.846</b>

Tabla 3-XXX. Remolacha azucarera. Productividad y superficie periodo 1999 – 2005.

REMOLACHA AZUCARERA	Provincia	Rendimiento Regadío	Rendimiento Secano	Superficie Regadío	Superficie Secano	Superficie Total
	Code_P	kg/ha	kg/ha	ha	ha	ha
	1	73.575	41.838	2.547	64	2.611
	2	78.733	--	3.472	--	3.472
	5	84.248	29.250	4.164	32	4.173
	6	48.145	--	1.005	--	1.005
	9	70.609	44.505	5.349	143	5.492
	11	62.398	34.258	5.303	16.526	21.829
	13	81.295	--	2.181	--	2.181
	14	56.168	29.725	2.344	261	2.605
	16	63.260	--	246	--	246
	17	55.000	35.000	2	56	58
	21	54.179	28.914	337	356	693
	22		--		3	3
	23	58.518	18.290	816	44	838
	24	74.140	51.333	8.447	327	8.587
	26	80.116	40.000	1.812	3	1.812
	29	45.200	15.500	38	27	54
	31	66.702		54	--	54
	37	72.538	62.100	5.661	1	5.661
	39	1.750	--	4	--	4
	40	75.914	29.273	3.679	69	3.709
	41	67.361	25.982	16.368	2.929	19.297
	42	69.655	60.877	932	185	1.090
	45	77.731	--	373	--	373
	47	79.820	26.163	15.870	543	16.180
	49	75.249	52.875	4.872	436	5.121
	50	46.667	--	6	--	6
<b>Promedio / Total</b>		<b>64.759</b>	<b>36.817</b>	<b>85.882</b>	<b>22.005</b>	<b>107.154</b>

Tabla 3-XXXI. Sorgo. Productividad y superficie periodo 1999 – 2005.

SORGO	Provincia	Rendimiento Regadío	Rendimiento Secano	Superficie Regadío	Superficie Secano	Superficie Total
	Code P	kg/ha	kg/ha	ha	ha	ha
	2	5.600	1.467	15	6	20
	3	3.600	1.300	55	2	56
	4	2.525	650	10	4	11
	5	4.971	--	20	--	20
	6	8.571	960	312	536	695
	8	6.992	2.081	136	1.122	1.258
	9	--	2.000	--	11	11
	10	8.000	775	150	219	296
	11	6.280	1.560	392	461	853
	12	4.000	--	2	--	2
	13	8.067	3.684	8	4	10
	14	6.750	2.783	127	8	135
	16	6.000	1.500	32	2	33
	17	5.438	2.290	556	1.770	2.325
	18	6.405	1.700	19	5	20
	21	5.667	--	1	--	1
	22	4.563	1.089	507	70	578
	23	5.250	2.300	8	6	7
	24	4.667	--	5	--	5
	25	8.188	4.473	474	34	508
	26	5.400	2.550	3	1	2
	29	5.000	1.000	52	2	53
	31	4.986	3.600	15	1	15
	37	8.000	4.000	1	6	7
	40	6.000	1.500	2	2	2
	41	6.421	1.671	288	57	345
	42	2.000	--	4	--	4
	43	5.542	3.405	5	18	18
	44	3.590	754	74	6	79
	45	7.057	1.711	17	9	22
	46	6.000	1.100	3	8	7
	47	4.250	--	41	--	41
	49	6.000	1.200	6	9	7
	50	4.929	1.350	41	9	43
<b>Promedio / Total</b>		<b>5.658</b>	<b>1.945</b>	<b>3.381</b>	<b>4.388</b>	<b>7.489</b>

Tabla 3-XXXII. Trigo. Productividad y superficie periodo 1999 – 2005.

TRIGO	Provincia	Rendimiento Regadío	Rendimiento Secano	Superficie Regadío	Superficie Secano	Superficie Total
	Code P	kg/ha	kg/ha	ha	ha	ha
	1	--	5.220	--	26.503	26.503
	2	5.229	1.407	16.540	37.311	53.851
	3	3.750	1.016	2.048	1.577	3.625
	4	2.519	695	186	5.339	5.526
	5	3.921	2.424	1.073	22.227	23.301
	6	4.111	2.546	4.235	139.818	142.843
	8	5.655	3.446	514	21.587	22.101
	9	5.060	3.743	3.578	180.355	183.933
	10	4.425	2.516	379	7.841	8.094
	11	3.710	2.120	5.981	91.500	97.481
	12	5.100	2.779	3	718	721
	13	3.411	1.530	12.031	47.737	59.768
	14	4.453	2.550	15.589	126.178	141.768
	15	--	2.865	--	3.466	3.466
	16	5.071	2.109	3.755	43.554	47.309
	17	3.186	2.703	4.305	9.501	13.807
	18	3.444	1.095	1.980	26.367	28.348
	19	3.950	2.576	1.909	62.974	64.883
	21	3.569	2.141	787	22.195	22.982
	22	3.864	2.866	10.521	16.469	26.990
	23	3.794	2.085	1.956	20.044	21.999
	24	5.503	2.454	10.734	34.473	45.207
	25	4.804	2.398	10.348	26.333	36.681
	26	5.084	4.386	5.242	30.117	35.359
	27	--	2.906	--	5.455	5.455
	28	4.530	2.446	1.160	21.699	22.859
	29	3.513	1.636	3.583	33.350	36.932
	31	4.479	3.969	8.091	66.871	74.962
	32	3.533	2.753	3.992	9.331	11.327
	33	--	2.100	--	80	80
	36	--	2.712	--	600	600
	37	3.566	2.784	2.760	57.791	60.551
	38	--	1.000	--	185	187
	39	--	2.929	--	438	438

Tabla 3-XXXII. Trigo. Productividad y superficie periodo 1999 – 2005 (CONTINUACIÓN).

TRIGO	Provincia	Rendimiento Regadío	Rendimiento Secano	Superficie Regadío	Superficie Secano	Superficie Total
	Code_P	kg/ha	kg/ha	ha	ha	ha
	40	4.786	2.643	1.049	46.903	47.952
	41	3.653	1.979	15.902	196.668	212.570
	42	3.836	2.769	2.630	88.082	90.712
	43	4.586	3.075	165	5.408	5.573
	44	3.593	1.685	3.265	37.580	40.845
	45	3.504	1.458	7.548	80.599	88.148
	46	4.242	1.324	89	2.041	2.130
	47	4.865	2.462	7.010	37.915	44.925
	48	--	3.563	--	1	1
	49	4.254	2.260	4.229	68.482	72.710
	50	3.972	1.082	26.440	221.508	247.948
<b>Promedio / Total</b>		<b>4.196</b>	<b>2.487</b>	<b>152.861</b>	<b>1.531.637</b>	<b>1.590.459</b>

### 3.2.3.5.2. Biodiesel: Cultivos oleaginosos.

Las especificaciones de suelo, temperaturas óptimas, riego y rendimiento de estos cultivos en España, son de gran importancia para conocer la viabilidad técnica para la producción de los mismos, a continuación se presentan algunos de estos requerimientos (Tabla 3-XXXIII).

Tabla 3-XXXIII. Requerimientos de cultivos oleaginosos.

CULTIVO	Temperatura (°C)	Agua (mm. lluvia)	Tipo de suelo
Colza	Germinación no soporta <-3. Roseta hasta -15	400	Suelos profundos y con buen drenaje.
<b>Girasol</b>	Germinación no soporta <0.	600 (>250)	Suelos profundidad >30 cm, y con buen drenaje.

Fuente: <http://www.miliarium.com/Bibliografia/Monografias/Biocombustibles>

En las siguientes tablas (Tabla 3-XXXIV hasta Tabla 3-XXXVI) se muestran la productividad y superficie de los cultivos más representativos para España basado en datos del anuario agroalimentario de los años 2000 a 2006.

Tabla 3-XXXIV. Colza. Productividad y superficie periodo 1999 – 2005.

COLZA	Provincia	Rendimiento Regadío	Rendimiento Secano	Superficie Regadío	Superficie Secano	Superficie Total
	Code_P	kg/ha	kg/ha	ha	ha	ha
	1	--	2.360	--	9	9
	2	1.857	670	1.056	73	1.108
	3	1.500	600	60	117	80
	5	1.471	1.080	30	7	22
	6	1.543	676	1.832	285	2.036
	8	2.712	1.344	19	729	749
	9	3.000	1.586	1	213	213
	10	1.100	642	1.817	71	1.888
	11	2.300	975	16	142	129
	13	2.037	948	2.132	26	2.154
	14	1.560	963	584	192	737
	16	1.800	721	142	50	152
	17	1.767	957	98	345	444
	18	1.183	117	40	52	82
	19	2.133	800	15	16	25
	21	1.542	468	565	147	654
	22	1.930	896	418	270	688
	23	1.400	762	80	21	101
	24	1.600	960	94	39	111
	25	2.582	1.389	161	862	1.023
	26	2.125	1.147	61	44	58
	28	1.371	700	178	7	144
	29	1.360	450	94	40	127
	31	657	1.789	1.193	300	1.492
	37	1.733	1.033	3	53	43
	40	1.025	810	2	33	33
	41	1.357	600	1.008	326	1.279
	42	--	1.267	--	27	27
	43	3.519	1.592	10	29	31
	44	2.304	500	124	3	125
	45	1.944	650	285	1	285
	46	2.040	700	48	5	50
	47	1.775	1.013	16	42	57
	49	2.000	925	50	62	71
	50	1.150	500	693	31	526
<b>Promedio / Total</b>		<b>1.799</b>	<b>931</b>	<b>12.925</b>	<b>4.669</b>	<b>16.753</b>

Tabla 3-XXXV. Girasol. Productividad y superficie periodo 1999 – 2005.

GIRASOL	Provincia	Rendimiento Regadío	Rendimiento Secano	Superficie Regadío	Superficie Secano	Superficie Total
	Code_P	kg/ha	kg/ha	ha	ha	ha
	1	2.939	2.018	35	1.491	1.526
	2	1.936	263	4.519	5.379	9.898
	3	1.507	397	365	600	965
	5	1.457	653	845	8.335	9.181
	6	2.223	748	9.090	24.426	33.516
	8	2.916	999	16	1.268	1.284
	9	1.981	1.073	654	29.607	30.261
	10	1.300	686	2.921	926	3.847
	11	1.964	1.016	6.624	40.205	46.829
	12	--	800	--	5	5
	13	1.491	446	1.780	1.003	2.783
	14	2.150	973	10.862	48.860	59.722
	16	2.007	577	3.968	153.559	157.527
	17	2.200	812	2.553	3.360	5.913
	18	741	263	2.072	6.019	8.091
	19	2.327	643	1.294	23.823	25.117
	21	2.013	955	1.956	17.342	19.298
	22	1.838	459	7.793	4.845	12.638
	23	1.866	747	804	2.626	3.430
	24	2.193	631	1.491	1.340	2.831
	25	2.413	1.009	1.099	1.096	2.195
	26	1.861	1.429	115	208	323
	28	1.827	620	800	483	1.284
	29	1.783	688	1.910	10.366	12.276
	31	1.570	1.669	3.420	3.712	7.132
	37	1.590	634	1.225	14.445	15.671
	39	--	1.458	--	24	24
	40	1.745	909	488	17.914	18.402
	41	1.818	878	20.335	130.079	150.414
	42	1.272	910	1.811	30.325	32.136
	43	2.404	889	34	144	169
	44	1.890	733	1.167	1.256	2.423
	45	1.320	474	2.818	1.066	3.884
	46	2.950	890	81	838	919
	47	1.660	594	5.061	26.537	31.598
	49	1.857	580	4.256	21.032	25.289
	50	1.801	634	7.030	4.228	11.258
<b>Promedio / Total</b>		<b>1.912</b>	<b>820</b>	<b>111.292</b>	<b>638.772</b>	<b>738.801</b>

Tabla 3-XXXVI. Soja. Productividad y superficie periodo 1999 – 2005.

SOJA	Provincia	Rendimiento Regadío	Rendimiento Secano	Superficie Regadío	Superficie Secano	Superficie Total
	Code_P	kg/ha	kg/ha	ha	ha	ha
	2	2.014	--	6	--	6
	5	1.410	500	8	3	9
	6	2.857	--	477	--	477
	8	--	1.243	--	15	15
	9	4.175	1.960	39	38	77
	10	2.367	--	1.021	--	1.021
	11	2.000	--	57	--	57
	13	1.883	--	6	--	6
	14	2.000	--	49	--	49
	16	1.700	750	18	6	24
	17	3.100	1.905	6	18	20
	18	400	--	10	--	10
	21	1.533	800	107	2	108
	22	3.752	984	32	1	33
	23	2.500	1.478	30	23	53
	24	2.175	--	16	--	16
	25	2.512	1.000	6	6	8
	26	2.500	--	43	--	43
	29	--	1.100	--	30	30
	31	2.079	1.050	18	4	20
	37	2.850	--	7	--	7
	40	1.800	--	3	--	3
	41	3.541	600	89	27	88
	42	850	500	7	3	8
	43	3.538	--	13	--	13
	44	2.000	--	3	--	3
	45	2.550	--	17	--	17
	47	2.100	800	70	4	72
	49	2.200	500	34	22	56
	50	3.400	--	30	--	30
<b>Promedio / Total</b>		<b>2.350</b>	<b>1.011</b>	<b>2.222</b>	<b>202</b>	<b>2.379</b>

### 3.2.3.5.3. Cultivos lignocelulósicos.

Son los cultivos energéticos generadores de material vegetal principalmente compuesto por celulosa, hemicelulosas y lignina. Estos cultivos pueden ser de tipo agrícola ó forestal y deben estar bien adaptados productividad elevada (en cuanto a materia seca por hectárea), bajos costes de producción y facilidad para su mantenimiento y extracción final ( en los posible utilizar la maquinaria habitual en otros cultivos agrícolas o forestales convencionales).

En la Tabla 3-XXXVII se muestran algunos ejemplos de cultivos energéticos agrícolas y forestales. Cabe resaltar que en función de la disponibilidad de riego y pluviometría de la zona (así como condiciones edafo-climáticas en general) de la zona el cultivo óptimo ó cultivos posibles serán unos u otros. Po ejemplo, los cultivos EC1, EC2 y EC5 son cultivos para tierras de secano con bajas precipitaciones anuales (300 – 400 mm/año de pluviometría) en cambio los cultivos EC3, EC4 ó EC8 requieren un riego abundante para producciones aceptables.

Tabla 3-XXXVII. Cultivos energéticos agrícolas y forestales.

Descripción	Cultivo energético	Código (ECi)	Productividad (t/ha en material seca)	PCS (MJ/kg seco)	Humedad (% en base húmeda, fresco)	Cenizas (%base seca)
<b>Cultivo agrícola herbáceo anual</b>	<b>Kenaf</b> (Hibiscus cannabinus)	EC1	7,6-23,9	18,5	30 – 65%	3,6
	<b>Cardo, perenne</b> (Cynara cardunculus)	EC2	17-30	16,3	15 – 20%	7,0
	<b>Giant Reed</b> (Arundo donax)	EC3	20-30	17,1	30 – 65%	3,4
	<b>Switchgrass</b> (Panicum virgatum)	EC4	19-30	18,1	30 – 65%	6,1
	<b>Brasica</b> (Brassica carinata)	EC5	6 - 8	18,6	50 – 70%	5,2
<b>Cultivo forestal de corta rotación</b>	<b>Eucalipto</b> (Eucalyptus globulus, Eucalyptus camaldulensis)	EC6	18-24	19,1	40 – 60%	0,8
	<b>Black locust</b> (Robinia pseudoacacia)	EC7	14	18,9	40 – 60%	2,1
	<b>Chopo</b> (Populus sp.)	EC8	18-30	18,2	40 – 60%	4,5

Fuente: referencia [3.27], [3.28], [3.29]

El cultivo del cardo está muy bien adaptado al clima mediterráneo y ha sido probado en diversas provincias españolas con distinta climatología dando siempre altas producción de biomasa en el rango 14 – 22 toneladas de materia seca por hectárea, por ello será el cultivos seleccionado por defecto para su cultivo en tierras de labor de secano. En la Tabla 3-XXXVIII se han incluido valores de

productividad (en toneladas de materia seca por hectárea) correspondientes a parcelas experimentales de cardo que han sido plantadas en diversas provincias españolas [3.30] en el periodo 1997-2000.

Tabla 3-XXXVIII. Productividad del cardo y pluviometría en diversas provincias de España (1997-2000).

Provincia	CCAA	Productividad t_ms/(ha-año) <sup>(a)</sup>	Pluviometría, mm (media 1997 – 2000)
Huesca		17,7	484,2
Teruel	Aragón	14,91	376,8
Zaragoza		13,84	337,9
Albacete		14,1	314,4
Ciudad Real		14,08	386,7
Cuenca	Castilla-La Mancha	16,14	473,6
Guadalajara		15,13	454,4
Toledo		13,94	371,8
León	Castilla-León	15,00	400,0
Gerona	Cataluña	25,02	629,5
Lérida		15,37	385,0
Badajoz	Extremadura	15,02	505,5
Cáceres		15,49	501,0
La Rioja	La Rioja	17,77	440,4
Madrid	Madrid	15,00	459,9
Navarra	Navarra	22,02	723,2

<sup>(a)</sup> t\_ms/(ha-año) : toneladas de materia seca por hectárea y año.

Se ha representado los datos gráficamente (ver Figura 3-3) y se observa una relación entre productividad y pluviometría. Obviamente hay otros factores edafoclimáticos (temperaturas, suelos,...etc) a tener en cuenta para una mejor estimación pero teniendo en cuenta la elevada disponibilidad de los datos de pluviometría, y bajo un enfoque conservador, se ha utilizado este factor para estimar la producción de biomasa procedente del cardo (*Cynara Cardunculus*) en cualquier provincia española.

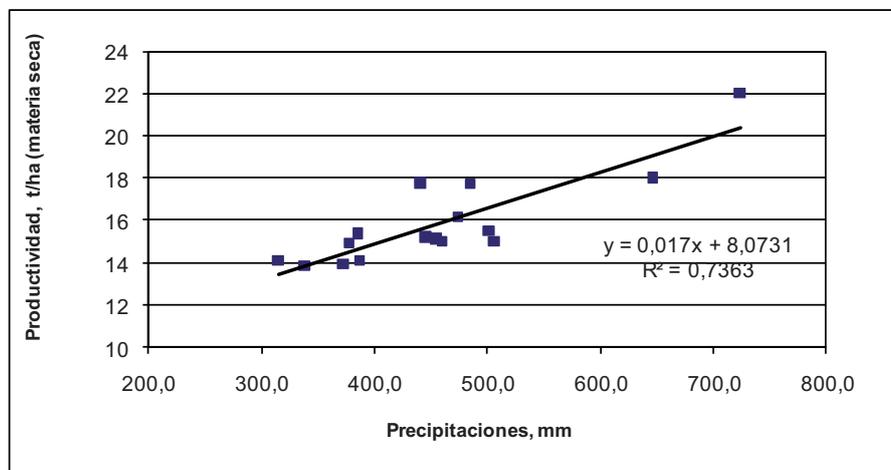


Figura 3-6 Productividad de cardo y pluviometría.

En base a los datos anteriores se ha aplicado la siguiente función:

- Si precipitaciones, PR, <350 mm/año → producción de biomasa (PB) = 14 t ms/(ha-año)
- Si  $350 < PR < 700$  mm/año →  $PB = 0,017 \cdot PR$  (mm/año) + 8,1 t ms/(ha-año)
- Si  $PR > 700$  mm/año →  $PB = 20$  t ms/(ha-año)

Teniendo en cuenta esta correlación y la pluviometría a nivel provincial de España se obtiene la siguiente tabla:

Tabla 3-XXXIX. Productividad de cardo estimada para provincias españolas.

PROVINCIA	CODE P	PR, Precipitaciones medias 1997 - 2004, mm/año	PB, Producción de biomasa, t ms/(ha-año)
Alava	1	698	20,0
Albacete	2	313	14,0
Alicante	3	275	14,0
Almería	4	171	14,0
Ávila	5	436	15,5
Badajoz	6	451	15,8
Illes Balears	7	414	15,1
Barcelona	8	504	16,7
Burgos	9	562	17,7
Cáceres	10	501	16,6
Cádiz	11	572	17,8
Castellón de la Plana	12	440	15,6
Ciudad Real	13	383	14,6
Córdoba	14	620	18,6
A Coruña	15	1055	20,0
Cuenca	16	493	16,5
Girona	17	684	19,7
Granada	18	374	14,5
Guadalajara	19	459	15,9
Guipúzcoa	20	1472	20,0
Huelva	21	516	16,9
Huesca	22	461	15,9
Jaén	23	458	15,9
León	24	516	16,9
Lleida	25	372	14,4
La Rioja	26	447	15,7
Lugo	27	1062	20,0
Madrid	28	442	15,6
Málaga	29	509	16,8
Murcia	30	251	14,0
Navarra	31	651	19,2

Tabla 3 XXXIX. Productividad de cardo estimada para provincias españolas (CONTINUACIÓN).

PROVINCIA	CODE P	PR, Precipitaciones medias 1997 - 2004, mm/año	PB, Producción de biomasa, t ms/(ha-año)
Ourense	32	873	20,0
Asturias	33	936	20,0
Palencia	34	550	17,5
Las Palmas	35	121	14,0
Pontevedra	36	1811	20,0
Salamanca	37	379	14,5
Santa Cruz de Tenerife	38	201	14,0
Cantabria	39	1074	20,0
Segovia	40	516	16,9
Sevilla	41	527	17,1
Soria	42	560	17,6
Tarragona	43	548	17,4
Teruel	44	368	14,4
Toledo	45	342	14,0
Valencia	46	407	15,0
Valladolid	47	466	16,0
Vizcaya	48	1052	20,0
Zamora	49	406	15,0
Zaragoza	50	342	14,0

### 3.2.4.- Análisis dispersión y producción zonal.

La ubicación de las fuentes de biomasa permitirá implementar algoritmos de cálculo de distancia, tiempos y costes de transporte para definir la localización óptima de un centro de recogida. Este análisis se puede hacer mediante hoja de cálculo de manera aproximada o con sistemas de información geográfica para mayor detalle. En el desarrollo de la metodología se ha utilizado la hoja de cálculo **Microsoft® Excel 2010**.

Para analizar la ubicación y dispersión geográfica de los residuos el área de estudio se divide en zonas de influencia, se respetarán los límites administrativos como provincias, comarcas o municipios por ser las unidades geográficas en las que se va a encontrar la mayoría de la información (Censo agrario, distribución de superficie, población, generación de residuos,...). Las zonas de influencia deben tener aproximadamente una superficie en el rango 500 – 2000 km<sup>2</sup> y una longitud característica de no más de 30 – 50 km. Estas dimensiones pueden considerarse valores típicos observados en estudios anteriores como áreas de aportación para centrales de biomasa y corresponden a distancias medias estimadas de transporte inferiores a 30 km y tamaños de planta del orden de 10.000 – 100.000 toneladas/año.

Normalmente en España las comarcas y algunos municipios suelen cumplir estos criterios, en ocasiones puede ser conveniente hacer agrupaciones concretas de varias comarcas o municipios, o divisiones, para alcanzar la superficie de recolección adecuada.

La cuantificación de residuos mediante datos indirectos utilizando superficies agrícolas, forestales o producción agroindustrial descrita en el punto anterior es suficiente para obtener un mapa de densidad de biomasa y ubicación en la zona de influencia.

En una primera etapa se puede utilizar datos de cantidad de biomasa a nivel de municipio y las coordenadas UTM del centroide de cada municipio para ubicar de manera puntual esa biomasa y poder estimar distancias de transporte. Se considera que cuando la zona de influencia contiene numerosas subdivisiones (> 10 – 20 municipios) y el área no es demasiado grande (< 2000 km<sup>2</sup>) el análisis permitirá estimar en que municipio o municipios convendría instalar la planta de biomasa. El análisis detallado requiere la utilización de sistema de información geográfica (SIG).

La densidad de biomasa en cada municipio  $i$  se expresara como:

$$Densidad_i = \frac{Biomasa\_total_i}{Area\_municipal_i} \quad (3-3)$$

Nota: Biomasa en toneladas y área total del municipio en hectáreas

La representación gráfica de la densidad de biomasa (toneladas por hectárea de biomasa en fresco, con humedad del 30-40% aproximadamente.) permite establecer una comparativa entre municipios de los recursos de biomasa. A título ilustrativo de adjunta, en la Figura 3-7, un análisis realizado para las comarcas de la Ribera Alta (límites de los municipios en verde) y Ribera Baja (límites en negro) de la provincia de Valencia.

Un estudio de detalle de las fuentes de biomasa y su ubicación (a nivel de parcelas o cuadrantes de 1 km<sup>2</sup>) requiere una cartografía detallada de la utilización del suelo y tipos de cultivo. La metodología definida es general y permite utilizar los datos a nivel municipal o llegar hasta nivel de parcelas si la cartografía estuviese disponible.

Para evaluar la producción de biomasa de origen agrícola y forestal a nivel municipal se necesita la superficie de cada tipo de cultivo y superficie forestal arbolada en cada municipio, para ello se ha utilizado:

- El Censo Agrario de 1999 del Instituto Nacional de Estadística.
- DATOS BÁSICOS DE LA CONSELLERIA D'AGRICULTURA, PESCA I ALIMENTACIÓ. Superficies y producciones, 2004.

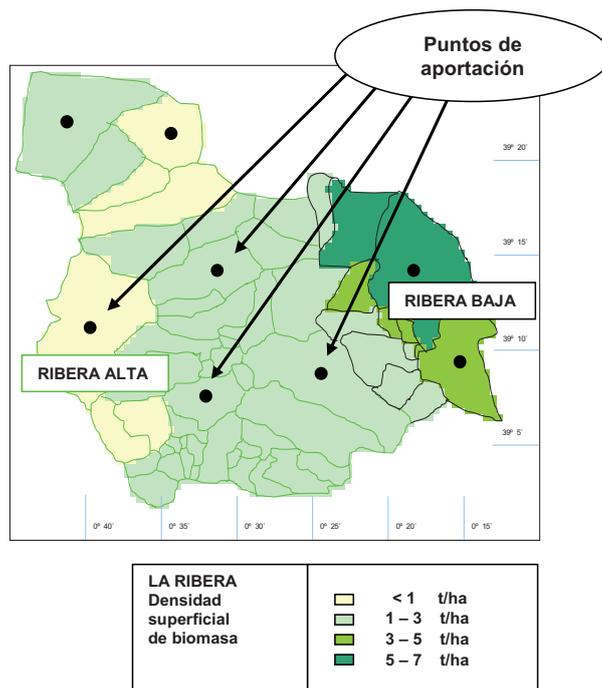


Figura 3-7 Densidad superficial de biomasa y ubicación de puntos de aportación.

### 3.2.5.- Análisis de estacionalidad

Este análisis se basa en las fechas propias de las labores agrícolas generadoras de cada tipo de residuo. En el caso de los cultivos leñosos consistirá en la poda y para los herbáceos en la recolección como se muestra en la tabla de estacionalidad de residuos agrícolas.

La mayoría de industrias agroalimentarias presentan una estacionalidad poco severa, se podría mencionar las excepciones presentadas en la Tabla 3-XL.

Tabla 3-XL. Estacionalidad de residuos otras industrias agroalimentarias (biomasa húmeda)

PRODUCTO	RESIDUO	ESTACIONALIDAD
Algodón	Residuos del algodón, semillas	Septiembre - Abril
Melocotón	Hueso del melocotón	Julio - Septiembre
Aceitunas de mesa	Hueso de aceituna	Noviembre - Julio
Tomate	Pieles, pepitas, podrido	Agosto - Septiembre
Pimiento piquillo / morrón	Corazones, restos piel	Septiembre - Diciembre
Espárrago	Pieles	Abril- Junio
Alcachofa	Brácteas, tallos	Abril- Junio
Judía verde	Puntas	Julio - Septiembre
Champiñón	Cortes de raíz, destrío	Octubre - Junio
Puerro*	Hojas, raíces	Noviembre - Marzo
Brotos de ajo	Partes blancas	Junio - Agosto
Borraja*	Hojas	Noviembre - Febrero
Cardo*	Pencas, hojas, corazón	Diciembre - Marzo
Acelga*	Pencas, hojas	Diciembre - Marzo
Espinaca	Hojas secas, amarillas	-
Ciruela / albaricoque	Pieles, huesos	Julio - Septiembre

Fuentes:

- Guía de Mejores Técnicas Disponibles en España del Sector de los Transformados Vegetales. Ministerio de Medio Ambiente (I.S.B.N. MMA: 84-8320-339-1).
- www.infoagro.com

La estacionalidad de los residuos agrícolas (restos de poda y paja de cereales, principalmente) se ha basado en la publicación:

“Viabilidad de Cooperativas de Trabajo Asociado en el Sector Agrario de la Ribera“, Mancomunitat de la Ribera Baixa, Mancomunitat de la Ribera Alta, 2001  
Autores: Llorenç Avellà Reus, José Luis Collado Cabioch, Bernat Alventosa Tosodantos, Marta García

En esta publicación se evaluaron las necesidades de mano de obra para cada tipo de cultivo y actividad (abonado, tratamientos fitosanitarios, aclareo de frutas, poda, recolección, ...) en cada mes del año.

La diversidad de cultivos en la Comunidad Valenciana es muy alta pero un reducido grupo de cultivos (menos de 10) suponen el 90% de la superficie de cultivo como muestra la Tabla 3-XLI.

Los cítricos (naranja dulce + mandarino + limonero) suponen el 25% de la superficie de cultivo, seguidos por almendro, olivo y vid. Los cultivos de cereales y otros frutales suponen alrededor del 10% de la superficie de cultivo y el resto son, mayormente, hortalizas.

En el caso de los residuos de la industria de extracción de aceite de oliva el alperujo se genera entre noviembre y enero, aproximadamente el 50% de la producción se centra en el mes de octubre.

En la Tabla 3-XLII se incluyen los resultados de estacionalidad para los cultivos predominantes de la Comunidad Valenciana.

Tabla 3-XLI. Distribución general de cultivos de la Comunidad Valenciana. Cultivos mayoritarios.

CULTIVOS	C. VALENCIANA			% Superficie	% superficie acumulado
	SUPERFICIE	PRODUCCIÓN			
	(ha)	(t)	(t/ha)		
ALMENDRA	113.622	55.304	0,5	18,513%	18,5%
OLIVO	100.951	123.742	1,2	16,448%	35,0%
MANDARINO	94.732	1.714.254	18,1	15,435%	50,4%
UVA DE VINIFICACION	78.373	452.669	5,8	12,770%	63,2%
NARANJO DULCE	74.517	1.771.243	23,8	12,141%	75,3%
ALGARROBA (GARROFA)	32.755	21.000	0,6	5,337%	80,6%
CEBADA	16.129	39.846	2,5	2,628%	83,3%
ARROZ	14.641	110.316	7,5	2,386%	85,7%
LIMONERO	13.581	347.701	25,6	2,213%	87,9%
UVA DE MESA	11.519	181.238	15,7	1,877%	89,7%
MELOCOTON	8.253	77.133	9,3	1,345%	91,1%
TRIGO	6.270	16.639	2,7	1,022%	92,1%
ALCACHOFA	4.595	71.977	15,7	0,749%	92,9%
ALBARICOQUE	4.346	15.292	3,5	0,708%	93,6%
CIRUELA	4.104	19.848	4,8	0,669%	94,2%
PATATA	3.652	79.895	21,9	0,595%	94,8%
CEREZA	3.051	7.074	2,3	0,497%	95,3%
LECHUGA	3.050	80.534	26,4	0,497%	95,8%
SANDIA	2.885	153.092	53,1	0,470%	96,3%
ALFALFA	2.360	101.647	43,1	0,385%	96,7%
GRANADA	2.326	31.670	13,6	0,379%	97,1%
MELON	1.885	49.209	26,1	0,307%	97,4%
CEBOLLA	1.872	76.544	40,9	0,305%	97,7%
NISPERO	1.757	29.596	16,8	0,286%	98,0%
MANZANA	1.619	10.829	6,7	0,264%	98,2%
TOMATE	1.615	147.431	91,3	0,263%	98,5%
PERA	1.469	15.510	10,6	0,239%	98,7%
P. ORNAMENTAL	1155	52.091	45,1	0,188%	98,9%
COLIFLOR	1083	27.772	25,6	0,176%	99,1%
OTROS	-	-	-	0,908%	100,0%

Tabla 3-XLII. Estacionalidad de residuos agrícolas (biomasa seca, tareas de recolección y poda)

CULTIVO	MES											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ARROZ	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%
TRIGO	0%	0%	0%	0%	20%	60%	20%	0%	0%	0%	0%	0%
CEBADA	0%	0%	0%	0%	20%	60%	20%	0%	0%	0%	0%	0%
AVENA	0%	0%	0%	0%	20%	60%	20%	0%	0%	0%	0%	0%
ALFALFA	0%	0%	0%	0%	20%	60%	20%	0%	0%	0%	0%	0%
MAIZ	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%
CEREAL GENERICICO	0%	0%	0%	0%	20%	60%	20%	0%	0%	0%	0%	0%
GENERICICO	16%	8%	7%	7%	14%	5%	10%	3%	15%	3%	5%	9%
NARANJO DULCE	0%	0%	5%	23%	33%	28%	10%	1%	0%	0%	0%	0%
UVA DE MESA	68%	18%	0%	0%	14%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
UVA DE VINIFICACION	26%	14%	0%	0%	0%	24%	24%	0%	0%	0%	0%	13%
OLIVO	50%	50%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
MANDARINO	0%	11%	11%	17%	28%	22%	11%	0%	0%	0%	0%	0%
LIMONERO	0%	0%	0%	0%	0%	50%	25%	25%	0%	0%	0%	0%
MANZANA	50%	25%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	25%
PERA	33%	0%	0%	17%	17%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	33%
ALBARICOQUE	70%	7%	0%	0%	0%	0%	3%	3%	3%	0%	3%	10%
CEREZA												
MELOCOTON	42%	42%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	17%
ALMENDRA	13%	0%	0%	0%	0%	3%	0%	0%	0%	13%	36%	36%
LENOSO GENERICICO	29%	21%	6%	0%	1%	2%	2%	2%	1%	0%	16%	21%

El análisis de estacionalidad permite obtener una distribución del ciclo anual de los aportes de Biomasa predominantes, y de estacionalidad severa, como los residuos agrícolas.

Mediante el análisis de diferentes áreas de aportación por separado pueden hacerse consideraciones específicas para agrupar en una misma planta superficies agrícolas con diferente tipología de cultivos para que la estacionalidad global sea menos severa.

A continuación se presenta un ejemplo del análisis realizado para 2 comarcas colindantes con estacionalidad distinta (Figura 3-7).

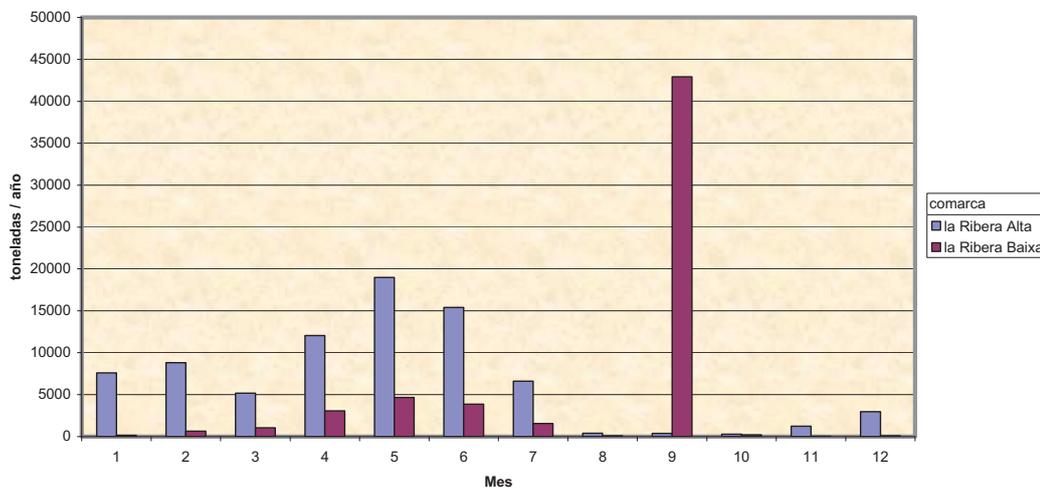


Figura 3-7 Estacionalidad de la biomasa de origen agrícola. Comarcas de la Ribera Alta y Ribera Baja

Se estima que entre las dos comarcas podrían recogerse en torno a 12000 – 140000 t/año y la agrupación de ambas comarcas permitiría disponer de residuos en los meses de septiembre a diciembre para tener un mayor tiempo de operación de la planta.

Para el caso de los residuos forestales de monte la estacionalidad viene marcada por el periodo en el que se realizan los trabajos que normalmente excluye los meses veraniegos, se considera que el aporte de biomasa residual forestal (t/mes) es aproximadamente uniforme de mediados de Septiembre a mediados de Junio.

Por último se ha incluido la Tabla 3-XLIII en la que se describe la estacionalidad de algunos cultivos energéticos enfocados la generación de biomasa lignocelulósica (cardo), a la generación de aceite vegetal par biodiesel (Girasol, colza) y materia prima para bioetanol (remolacha y trigo/cereal).

Tabla 3-XLIII. Estacionalidad de cultivos energéticos

<b>CULTIVO</b>	<b>Notas estacionalidad</b>
CARDO	Recolección julio - septiembre
GIRASOL	Septiembre-OCTUBRE (CICLO CORTO)
COLZA	JULIO
MAIZ	Septiembre - noviembre
REMOLACHA	octubre
TRIGO <sup>(a)</sup> (CEREAL EN GENERAL)	<p>Mediados mayo – finales otoño (noviembre)</p> <p>TRIGOS DE INVIERNO Y TRIGOS DE PRIMAVERA.</p> <p>Las variedades de trigo que se siembran en otoño, completan su ciclo vegetativo madurando al iniciarse el verano siguiente, debido a la falta de resistencia de las condiciones ambientales desfavorables durante este periodo.</p> <p>Las variedades sembradas en primavera, necesitan más de un año para madurar y son las llamadas “de invierno”. La cualidad de los trigos invernales o primaverales es independiente de las demás cualidades de la variedad.</p>

<sup>(a)</sup> El trigo es el cereal mayoritario y se tomará como patrón para el resto de cereales.

Fuentes: [3.7], [www.infoagro.com](http://www.infoagro.com)

### 3.2.6.- Análisis de disponibilidad / viabilidad

La disponibilidad de los residuos y viabilidad para su aprovechamiento energético depende de varios factores:

- Usos alternativos del residuo (combustible domestico)
- Accesibilidad de la maquinaria de recogida y transporte, referido a los caminos que llevan a la parcela a gestionar y a la disponibilidad de espacio para operaciones de carga, descarga y densificación (triturado, empacado,...)
- Gestión incompatible con el aprovechamiento energético, como la trituración en campo, en la cual no se extraen los restos de poda de la parcela.

Se han identificado una serie de factores que evalúan esta disponibilidad y la disponibilidad representativa se calculará como el productorio de estos coeficientes que siempre toman valores de 0 a 1.

Esta disponibilidad es un parámetro difícil de fijar y la única posibilidad es la utilización de datos de proyectos precedentes y experiencia de las empresas que actualmente gestionan este tipo de residuos. En base a estas fuentes y la utilización de estadísticas de apoyo (tamaño de parcelas, tipos de cultivo, ...) se han realizado las siguientes consideraciones

#### Consideraciones debidas al tipo de cultivo. Coeficiente $C_c$

- ✓ Paja de cereales de invierno como trigo, cebada o avena se utiliza parcialmente para alimento o camas de ganado así que la disponibilidad se considerará baja. En anteriores estudios se han observado valores del orden de 15 – 50%, se considerara un 40% para estos cereales y similares. En el caso del arroz los usos alternativos de mercado son menores así que se considerara una disponibilidad del 60% para el arroz, no demasiado alta al tener en cuenta las dificultades de recogida en caso de lluvias y su elevada estacionalidad.
- ✓ Para los restos de poda de leñosos se han observado disponibilidades del 70-90%, se considerara un valor del 80% ya que el uso alternativo es principalmente leña para uso domestico (en tendencia decreciente) y un reducido grupo de empresas que los recogen para materias primas de fábricas de tableros ó producción de compost.
- ✓ En la actualidad la gestión habitual de los restos de poda es la trituración o la quema. Se han observado diferencias según cultivos y zonas, aunque ambas suelen estar relacionadas. Finalmente se ha considerado que en frutales típicamente de regadío (cítrico, melocotón,...) la trituración en parcelas grandes con plantaciones más amplias es predominante (80%), y la quema (también con 80%) para parcelas pequeñas (<0.6 ha) con menor espaciado en las plantaciones. En cultivos de secano (olivo, almendro, vid) se ha

considerado inferior con un 60% de predominancia de la trituración en parcelas grandes.

- ✓ La Comunidad Valenciana presenta un elevado porcentaje de superficie agrícola (>75%) destinada a cultivos leñosos (frutales, vid y olivo), como muestra la tabla siguiente.
- ✓ Se ha incluido como bonificación en este coeficiente el equivalente en t/ha-año debido al arrancamiento de fin de ciclo de vida del cultivo (frutales y cítricos cada 15 – 35 años, generan 20 – 40 t/ha), considerando que en este proceso el 40% de la biomasa debida a fin de ciclo de vida estará disponible, ya que en la actualidad hay empresas que lo están recogiendo para múltiples destinos. Estos residuos presentan una elevada viabilidad ya que supone una gran cantidad de residuos y el arrancamiento de los árboles facilita el acceso y maniobrabilidad de la maquinaria de recogida, transporte y empaclado. Esta bonificación afecta a los cultivos citados en la Tabla 3-XLIV.

Tabla 3-XLIV. Residuos generados debido al arrancamiento de los cultivos leñosos al final de ciclo de vida

Código	Cultivo	Vida útil, (años)	Generación de residuos		Disponibilidad
			t/ha	t/ha·año	
L1	NARANJO DULCE	30	30	1,00	40%
L2	MANDARINO	30	35	1,17	40%
L3	LIMONERO	30	35	1,17	40%
L4	MANZANA	50	25	0,50	40%
L5	PERA	50	25	0,50	40%
L6	ALBARICOQUE	25	35	1,40	40%
L7	CEREZA	50	25	0,50	40%
L8	MELOCOTON	15	35	2,33	40%
L9	ALMENDRA	30	25	0,83	40%
LG	LEÑOSO GENERICO	50	25	0,50	40%

Consideraciones debidas al tamaño de parcela y accesibilidad. Coeficientes  $C_{10}$ :

Se considera que la posibilidad de recogida en parcelas con superficie inferior a 0.5 - 0.7 hectárea es reducida por motivos de accesibilidad, estructura de la plantación y dificultad de gestión así que se ha descartado la biomasa proveniente de este tipo de explotaciones. Se han realizado consideraciones específicas para cada municipio teniendo en cuenta la información estadística municipal y comarcal del tamaño de explotaciones. A nivel comarcal los valores de % de superficie con tamaño de explotación inferior a 1 ha presenta un rango de variación más amplio de 5 – 31%.

El porcentaje de disponibilidad debido al tamaños de parcela ( $C_{tp}$ ) es específico de cada municipio y se calcula como el porcentaje de superficie agrícola con tamaño de parcela mayor que 0.6 ha (7 hanegadas) por una coeficiente de accesibilidad del 60%. Tras inspección visual en campo (varias comarcas), reuniones con cooperativas y FECOAV, se ha considerado que en las explotaciones de más de 0.6 ha la accesibilidad es buena en la mayoría de explotaciones (se considera 100% en cuanto a accesibilidad de estas parcelas).

Aplicando las consideraciones anteriores para los distintos municipios de cada comarca se muestran en la **Tabla 3-XLV**, la disponibilidad media de los residuos agrícolas para cada comarca. Los valores suelen pertenecer al rango 35 – 50%. **Se asignara a los municipios el coeficiente de disponibilidad comarcal.**

#### Consideraciones para las zonas forestales. Coeficiente $C_f$

Los residuos forestales asociados a tratamientos selvícolas y la corta en parcelas forestales suponen de 0,9 a 1,4 t/ha [3.13] de residuos potenciales pero observando cifras de estudios anteriores para las provincias de Alicante, Castellón y Valencia los residuos fueron el 34 – 41 % del total potencial (este porcentaje engloba el alcance representativo de las actuaciones forestales debido a la disponibilidad de fondos para el adecuado mantenimientos de zonas forestales, accesibilidad y viabilidad). **Se considerara por tanto una disponibilidad por defecto del 35% para las superficies forestales arboladas.**

Para análisis más específicos en el existen algunas restricciones que por motivos de viabilidad económica, técnica y de conservación de las masas forestales son de aplicación común a la hora de estimar la cantidad de biomasa forestal residual extraíble [3.31], las parcelas forestales susceptibles de aprovechamiento y/o gestión forestal y, por tanto, de generación de residuos valorizables energéticamente presentan las siguientes características:

- Fracción cabida cubierta <sup>15</sup> > 50 - 70%.
- Número de pies por hectárea superior a 250.
- Pendiente <30 - 35%. Por mayor viabilidad económica y para evitar fenómenos erosivos. Se estima la siguiente disponibilidad o viabilidad según la pendiente:
  - 0-12.5% → disponibilidad del 80%
  - 12.5 - 35% → disponibilidad del 70%
  - > 35% → disponibilidad del 20%
- Tamaños de la masa forestal > 5 ha
- Accesibilidad. Distancia a pista forestal < 1 km

---

<sup>15</sup> **Fracción cabida cubierta (FCC)**. es la superficie cubierta por la proyección de las copas del arbolado, expresada en porcentaje respecto a la superf

Tabla 3-XLV. Disponibilidad de residuos agrícolas. Valores indicativos para cada comarca.

<b>COMARCA - código</b>	<b>COMARCA - nombre</b>	<b>Disponibilidad de residuos</b>
326	El Comtat	39%
327	L'Alcoià	43%
328	L'Alt Vinalopó / Alto Vinalopó	40%
329	El Vinalopó Mitjà / El Vinalopó Medio	46%
330	La Marina Alta	38%
331	La Marina Baixa	43%
332	L'Alacantí	51%
333	El Baix Vinalopó	43%
334	El Baix Segura / La Vega Baja	37%
1201	Els Ports	45%
1202	L'Alt Maestrat	51%
1203	El Baix Maestrat	44%
1204	L'Alcalatén	46%
1205	La Plana Alta	47%
1206	La Plana Baixa	39%
1207	El Alto Palancia	47%
1208	El Alto Mijares	46%
4609	El Rincón de Ademuz	48%
4610	Los Serranos	44%
4611	El Camp de Túria	40%
4612	El Camp de Morvedre	38%
4613	L'Horta Nord	40%
4614	L'Horta Oest	37%
4615	València.	48%
4616	L'Horta Sud	44%
4617	La Plana de Utiel-Requena	37%
4618	La Hoya de Buñol	42%
4619	El Valle de Cofrentes-Ayora	45%
4620	La Ribera Alta	35%
4621	La Ribera Baixa	39%
4622	La Canal de Navarrés	37%
4623	La Costera	35%
4624	La Vall d'Albaida	45%
4625	La Safor	35%
Promedio	-	41%

### 3.3.- Módulo de logística

El objetivo es evaluar todas las ubicaciones posibles de la planta de biomasa desde el punto de vista de , tiempo y, sobretodo, costes de transporte. Las herramientas utilizadas se definen a continuación.

# **Matriz de distancias  $D_{i,j}$**  : contiene las distancias recorridas entre cada pareja origen-destino de biomasa posible, son las distancias unitarias (correspondientes a un solo viaje). Estos orígenes y destinos son puntos que pueden corresponder al centro de un cuadrante de superficie conocida (normalmente  $1 \text{ km}^2$ ) o centroide del perímetro de un municipio concreto.

La distancia entre dos puntos  $i, j$  (pareja origen-destino) puede calcularse mediante tres métodos:

- Método basado en Sistemas de Información Geográfica: método SIG

La distancia recorrida se obtendrá directamente y corresponderá a la distancia real que recorrería la unidad de transporte siguiendo la red de carreteras incluida en la cartografía digital. En caso de utilizar software GIS los orígenes y destinos serán cuadrantes de  $1 \text{ km}^2$ , obtenidos tras superponer una malla de cuadrantes de  $1 \text{ km}$  de lado sobre la zona analizada.

- Método basado en la tortuosidad o simplificado: método APROX1

La distancia en línea recta se calcula como el módulo del vector que une los dos puntos utilizando coordenadas UTM ("Universal Transverse Mercator"<sup>16</sup>) multiplicada por un factor  $T_r$  definido como tortuosidad del recorrido:

$$d_{i,j} = d_{\min} \cdot T_r \quad (3-4)$$

$$d_{\min} = [(X_i - X_j)^2 + (Y_i - Y_j)^2]^{0.5} \text{ [km]} \quad (3-5)$$

siendo X e Y las coordenadas en el sistema UTM

coordenadas del punto i,  $\rightarrow P_i = (X_i, Y_i) = (X\_UTM_i, Y\_UTM_i)$

coordenadas del punto j,  $\rightarrow P_j = (X_j, Y_j) = (X\_UTM_j, Y\_UTM_j)$

El factor  $T_r$  se obtiene de una muestra de datos reales de distancias entre centroides de municipios (utilizando la red de carreteras disponible) y la comparación con la distancia mínima  $d_{\min}$  (en línea recta) para esos mismos

---

<sup>16</sup> UTM es un sistema de coordenadas geográficas alternativo al empleo de Latitud y Longitud. Una de sus ventajas es que sus magnitudes se expresan en metros, en vez de medidas angulares cuya dimensión lineal puede variar.

municipios. En el proyecto BIOVAL<sup>17</sup>, utilizando Sistemas de Información Geográfica, se calculó  $T_r$  para una muestra de 52.000 combinaciones (parejas origen-destino) en la Comunidad Valenciana y aplicando la siguiente ecuación:

$$T_r = d_{real\ i,j} / d_{min} \quad (3-6)$$

Como muestra la Figura 3-8 observó que el factor  $T_r$  calculado estaba normalmente en el rango  $T_r = 1,1 - 5$ , salvo especificaciones locales se considerará, por defecto, un factor de tortuosidad de  $T_r=1,5$ .

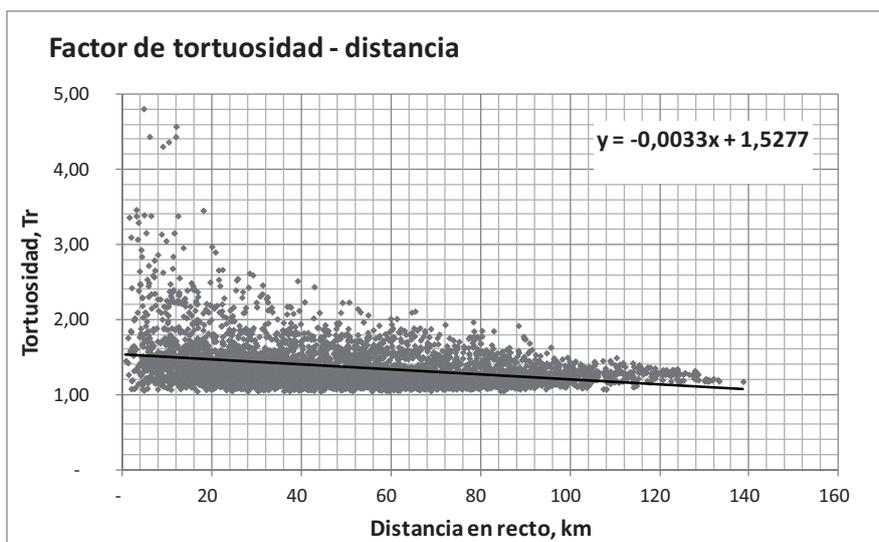


Figura 3-8. Evaluación del factor de tortuosidad en la Comunidad Valenciana.

- Método de la distancia representativa: método APROX2

Esta aproximación no permite identificar las ubicaciones óptimas pero permite calcular, de manera muy sencilla, la distancia de transporte representativa [DR] de la zona de actuación (provincia, comarca, municipio,...).

La **distancia representativa, ó DR**, se calcula como el diámetro de la circunferencia cuya área es igual a la de la zona de actuación:

$$DR = 2 \cdot \sqrt{\frac{Area}{\pi}} \quad (3-7)$$

En la Figura 3-9 se muestra un ejemplo gráfico de la aproximación realizada en este método para comarcas de la provincia de Castellón.

<sup>17</sup> Optimización del Aprovechamiento Energético de los Recursos Biomásicos en la Comunidad Valenciana (proyecto BIOVAL) 2005 – 2007, financiado por IMPIVA (Generalitat Valenciana) y fondos FEDER.



Figura 3-9. Ejemplo gráfico del método de la distancia representativa (APROX2)

En cualquier caso, análisis con Sistemas de información geográfica (**método GIS**) o aplicando el factor de tortuosidad (o **método APROX1**), se obtendría la Matriz de distancias de la Figura 3-10 :

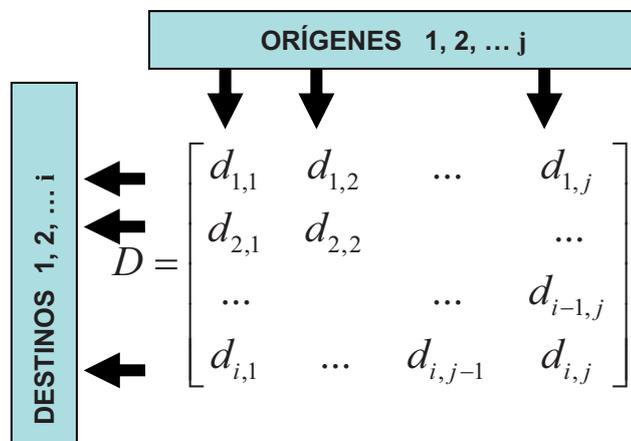


Figura 3-10. Matriz de distancias unitarias entre orígenes y destinos

# **Matriz DTR<sub>i,j</sub>**: Esta matriz representa la distancia total recorrida entre dos puntos  $d_{i,j}$  ( municipios ó cuadrantes) para transportar toda la biomasa desde el punto  $j$  hasta el punto  $i$ . La distancia total recorrida depende del número de viajes

realizados, que a su vez, dependen de la cantidad de biomasa del punto de origen, la capacidad de la unidad de transporte (UT) y la distancia unitaria  $d_{i,j}$  entre el origen y el destino. Un ejemplo esquemático de esta matriz se incluye en la Figura 3-11.

La unidad de transporte UT puede tener una capacidad muy variable, en el rango 3 – 22 toneladas según capacidades típicas de transporte con camión pero considerando un camión de tamaño medio (6 – 8 m de largo) con buena maniobrabilidad para poder acceder a todo tipo de parcelas agrícolas la unidad suele ser de 3 a 15 toneladas.

En función de la biomasa del origen ( $B_j$ ) y la capacidad de la unidad de transporte se obtendrá el número de viajes que realizará dicha unidad de transporte desde el punto  $j$  (origen) hasta el punto  $i$  (destino), este número de viajes será de ahora en adelante  $NV_{i,j}$ .

Estas consideraciones dan lugar a las siguientes ecuaciones matemáticas:

- Distancia total recorrida entre dos puntos  $i, j$  con  $i$  como destino ( $dtr_{i,j}$ )

$$dtr_{i,j} = NV_{i,j} \cdot d_{i,j} \quad [\text{km}] \quad (3-8)$$

- Numero de viajes realizados entre dos puntos  $i, j$ , con  $i$  como destino ( $NV_{i,j}$ )

$$NV_{i,j} = B_j / UT \quad (3-9)$$

$NV_i$  representan el número de viajes que realiza la unidad de transporte para llevar toda la biomasa desde los distintos orígenes  $j$  hasta el destino único  $i$ .

- Matriz  $DTR_{i,j}$  contiene todas las distancias totales recorridas de todas las combinaciones  $i,j$

$$DTR_{i,j} = (dtr_{i,j}) \quad (3-10)$$

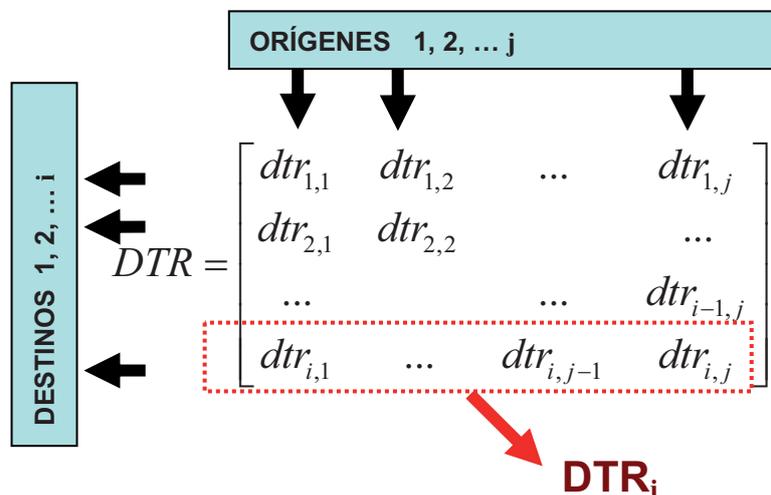


Figura 3-11. Matriz de distancias totales recorridas entre orígenes y destinos

El sumatorio de valores de cada fila de esta matriz  $DTR_i$  representa la distancia total recorrida por la unidad de transporte para llevar toda la biomasa desde los distintos orígenes  $j$  hasta el destino único  $i$ .

Nota: la distancia de transporte considerada para la biomasa asociada al propio punto de destino se calculara como la raíz cuadrada de la superficie del municipio o cuadrante.

# **Matriz  $AUX1_{i,j}$**  : esta matriz de unos y ceros aplica condiciones de radio máximo y/o pertenencia a una superficie con delimitación administrativa o definida específicamente por el usuario, de manera que de todos los orígenes posibles  $j$  de la superficie de estudio anula (valor 0 en la matriz) aquellos que no cumplen las condiciones, para que no sean considerados en el cálculo de distancias recorridas y biomasa total recogida.

### 3.3.1.- Función de costes de transporte: coste marginal

La función de costes  $FC_i$  estima los costes de transporte marginales (coste de operación sin tener en cuenta los costes de inversión en la maquinaria de transporte y/o empaçado) para llevar al destino  $i$  toda la biomasa de los punto  $j$  de origen. Esta función está compuesta por un término de costes fijos (CF) y un término de costes variables dependientes de la distancia (CD). Los costes asociados al tiempo invertido en transporte y operaciones de carga y descarga se incluyen en los costes variables y fijos respectivamente.

La función de costes queda definida por la siguiente expresión:

$$FC_i (\text{€}) = CF \cdot n^\circ \text{ de viajes} + CD \cdot DTR_i \quad (3-11)$$

$$CF = CF1 + CF2 \quad (3-12)$$

Donde:

-  $DTR_i$  es la distancia total recorrida (solo de ida) en kilómetros. Es la suma de las distancias recorridas en cada uno de los trayectos para transportar la biomasa desde el origen hasta el destino final.

- Los costes fijos unitarios CF1 están asociado a las operaciones de carga y descarga en las que se consume tiempo, recursos humanos y combustible.

- Los costes fijos unitarios CF2 están asociados a la compactación previa al transporte en caso de utilizarse, en caso contrario  $CF2 = 0$ . Los costes de personal y combustible de este proceso se calcularan para una carga completa de la unidad de transporte.

- Los costes variables asociados a la distancia total recorrida para llevar toda la biomasa al punto  $i$  ( $DTR_i$ ) son los debidos al combustible consumido, recursos humanos y mantenimiento del vehículo.

Las funciones de costes consideradas son:

Función de costes	Descripción
FCT2 y FCT4 <sup>(a)</sup>	Coste de recogida y transporte sin previa compactación, UT = 3 t (carga de la unidad de transporte)
FCT1 y FCT3 <sup>(a)</sup>	Coste de recogida y transporte con compactación previa, UT = 10 t (carga de la unidad de transporte)

<sup>(a)</sup> Las variantes FCT3 y FCT4 corresponden a la consideración de transporte subcontratado.

Para obtener las funciones de costes es necesario conocer:

- la productividad de la maquinaria utilizada (empacadora) y su consumo promedio de combustible
- consumo de combustible y velocidad del transporte (camiones)
- Consumo de combustible y tiempo necesario para las operaciones de carga y descarga de los camiones empleados para el transporte.
- Coste de reparaciones y mantenimiento de los vehículos.

Los datos de costes de reparaciones, mantenimientos, seguros y costes fiscales (tasas) se han expresado como costes por kilómetro recorrido, y corresponden a vehículos rígidos de 2 y 3 ejes con capacidad de carga de 9,5 – 16 toneladas, y distancias anuales de 50000 km. El coste estimado para estas condiciones es de 0,11 a 0,14 €/km, y para el presente estudio se ha utilizado un valor de referencia de 0,15 €/km. Esta información se han obtenido del informe publicado por el Ministerio de Fomento: *Observatorio de Costes del Transporte de Mercancías por Carretera* [3.35]

Los datos de consumo de referencia de camiones (en litros cada 100 km) con capacidad de carga de más de 7.5 toneladas está en el rango 23-26 l / (100 km), no obstante como se prevé el transporte, en gran medida, por vías rurales, trayectos cortos (frecuentemente <25 km), y abundantes maniobras y paradas, se han considerado un consumo de referencia de 35 l / (100 km). Esta información se ha obtenido de la *Guía para la gestión del combustible en las flotas de transporte por carretera* [3.34] , publicada por el IDAE.

Los datos de carga de la unidad de transporte, consumos de combustible, productividad y tiempos empleados en cada proceso, de la maquinaria específica para el empacado de biomasa y de las operaciones de carga y descarga han sido obtenidos en base a información recogida mediante entrevistas con 2 empresas dedicadas a la recogida de biomasa residual agrícola, forestal y de jardinería urbana, información procedente de los proyectos BIOVAL y BIODER, e información de publicaciones del IDAE [3.36].

En cuando a consumo de la maquina empacadora en transporte por carretera y en cuando a gastos de mantenimiento, reparaciones, seguros, ...etc, se han considerado los mismos valores que para camiones de 9,5-16 toneladas de capacidad de carga. La maquina empacadora tiene capacidad de producción de 6 t/h (con el 35% humedad) es decir que en 8-10 horas podría llenar hasta 5 - 6 camiones, aproximadamente, teniendo en cuenta el tiempo perdido en el desplazamiento diario (sólo un viaje de ida por la mañana y un viaje de vuelta por la tarde) hasta las parcelas agrícolas y forestales se ha considerado que la empacadora podría llenar diariamente 4 camiones, por tanto, la distancia de transporte recorrida por la maquina empacadora será  $\frac{1}{4}$  de la distancia total recorrida por los camiones.

Para transformar los datos consumos de combustible y tiempos en costes económicos se consideraran unos costes de referencia del combustible, coste horario de personal y coste de subcontratación de camiones (9.5 – 16 t con grúa tipo pinza para carta de sólidos fibrosos).

Las consideraciones realizadas en cada función de costes se resumen en las siguientes páginas.

**FCT1 – recogida con compactación**

**Parámetros específicos de la estructura logística**

Índices de costes genéricos	
Personal	10 €/h
Combustible	1,25 €/l (consumo)

COSTE CARGA/DESCARGA	
<b>Carga unidad de transporte (UT)</b>	<b>10 t</b>
Velocidad de carga (camión)	10 t/h
Velocidad de descarga (camión)	10 t/h
Tiempo de prep./estacionamiento	0,45 h (carga y descarga)
Tiempo total de carga + descarga	2,45 h
Consumo combustible en carga/desc.	6 l/h
Personal	1 personas
Combustible	14,70 litros
<b>COSTE FIJO CF1.1</b>	<b>42,88 €/viaje</b>

COSTE COMPACTACIÓN	
Velocidad producción balas	6,00 t/h (35% hum.)
Consumo fuel	15,00 l/h
personas	2,00
<b>COSTE FIJO CF1.2</b>	<b>64,58 €/viaje</b>

COSTE POR KM	
<b>Transporte camión</b>	
	35 l/100 km
	0,15 €/km, reparaciones y mantenimiento
	40 km/h (v. med.)
	0,025 h/km (conductor)
<b>COSTE VARIABLE, CD1.1</b>	<b>1,675 x km (ida)</b>

COSTE POR KM	
<b>Transporte compactadora</b>	
	0,15 €/km, reparaciones y mantenimiento
	30 km/h (v. med.)
	0,0333 h/km (conductor)
(1 viaje al día para llenar al menos 4 camiones)	
<b>COSTE VARIABLE, CD1.2</b>	<b>0,583 x d (km)</b>

## **FCT2 – recogida sin compactación**

### **Parámetros específicos de la estructura logística**

<b>Índices de costes genéricos</b>	
Personal	10 €/h
Combustible	1,25 €/l (consumo)

<b>COSTE CARGA/DESCARGA</b>	
<b>Carga unidad de transporte (UT)</b>	<b>2,5 t</b>
Velocidad de carga (camión)	4 t/h
Velocidad de descarga (camión)	10 t/h
Tiempo de prep./estacionamiento	0,45 h (carga y descarga)
Tiempo total de carga + descarga	1,33 h
Consumo combustible en carga/desc.	5 l/h
Personal	1 personas
Combustible	6,63 litros
<b>COSTE FIJO CF2.1</b>	<b>21,53 €/viaje</b>

<b>COSTE COMPACTACIÓN</b>	
Velocidad producción balas	- t/h (35% hum.)
Consumo fuel compactación	- l/h
Personal	- personas
<b>COSTE FIJO CF2.2</b>	<b>- €/viaje</b>

<b>COSTE POR KM</b>	
<b>Transporte camión</b>	
	35 l/100 km
	0,15 €/km, reparaciones y mantenimiento
	40 km/h (v. med.)
	0,025 h/km (conductor)
<b>COSTE VARIABLE, CD2.1</b>	<b>1,68 x km (ida)</b>

<b>COSTE POR KM</b>	
<b>Transporte compactadora</b>	
	0 €/km, reparaciones y mantenimiento
	0 km/h (v. med.)
	0 h/km (conductor)
(1 viaje al día para llenar al menos 4 camiones)	
<b>COSTE VARIABLE, CD2.2</b>	<b>0,000 x d (km)</b>

**FCT3 – recogida con compactación y transporte subcontratado**

**Parámetros específicos de la estructura logística**

Índices de costes genéricos	
Personal	10 €/h
Combustible	1,25 €/l (consumo)
Coste horario camión	35 €/h

COSTE CARGA/DESCARGA		
<b>Carga unidad de transporte (UT)</b>	<b>10 t</b>	
Velocidad de carga (camión)	10 t/h	
Velocidad de descarga (camión)	10 t/h	
Tiempo de prep./estacionamiento	0,45 h (carga y descarga)	
Tiempo total de carga + descarga	2,45 h	
Consumo en carga/descarga	- l/h	
Personal	- personas	
Combustible	- litros	
<b>COSTE FIJO CF3.1</b>	<b>85,75</b>	<b>€/viaje</b>

COSTE COMPACTACIÓN		
Velocidad producción balas	6,00 t/h (35% hum.)	
Consumo fuel	15,00 l/h	
Personal	2,00 personas	
<b>COSTE FIJO CF3.2</b>	<b>64,58</b>	<b>€/viaje</b>

COSTE POR KM	
<b>Transporte camión</b>	
	0 l/100 km
	0 €/km, reparaciones y mantenimiento
	40 km/h (v. med.)
	0,025 h/km (conductor)
<b>COSTE VARIABLE, CD3.1</b>	<b>1,75 x km (ida)</b>

COSTE POR KM	
<b>Transporte compactadora</b>	
	0,15 €/km, reparaciones y mantenimiento
	30 km/h (v. med.)
	0,0333 h/km (conductor)
Compactadora recorre 4 veces menos distancia que camión (1 viaje al día para llenar al menos 4 camiones)	
<b>COSTE VARIABLE, CD3.2</b>	<b>0,408 x d (km)</b>

**FCT4 – recogida sin compactación y transporte subcontratado**

**Parámetros específicos de la estructura logística**

<b>Índices de costes genéricos</b>	
Personal	10 €/h
Combustible	1,25 €/l (consumo)
Coste horario camión	35 €/h

<b>COSTE CARGA/DESCARGA</b>	
<b>Carga unidad de transporte (UT)</b>	<b>2,5 t</b>
Velocidad de carga (camión)	2,5 t/h
Velocidad de descarga (camión)	10 t/h
Tiempo de prep./estacionamiento	0,45 h (carga y descarga)
Tiempo total de carga + descarga	1,70 h
Consumo en carga/descarga	- l/h
personal	- personas
combustible	- litros
<b>COSTE FIJO CF4.1</b>	<b>59,50 €/viaje</b>

<b>COSTE COMPACTACIÓN</b>	
Velocidad producción balas	- t/h (35% hum.)
Consumo fuel	- l/h
personas	-
<b>COSTE FIJO CF4.2</b>	<b>- €/viaje</b>

<b>COSTE POR KM</b>	
<b>Transporte camión</b>	
	0 l/100 km
	0 €/km, reparaciones y mantenimiento
	40 km/h (v. med.)
	0,025 h/km (conductor)
<b>COSTE VARIABLE, CD4.1</b>	<b>1,75 x km (ida)</b>

<b>COSTE POR KM</b>	
<b>Transporte compactadora</b>	
-	€/km, reparaciones y mantenimiento
-	km/h (v. med.)
-	h/km (conductor)
Compactadora recorre 4 veces menos distancia que camión (1 viaje al día para llenar al menos 4 camiones)	
<b>COSTE VARIABLE, CD4.2</b>	<b>- x d (km)</b>

En la Figura 3-12, Figura 3-13, Figura 3-14 y Figura 3-15 se puede observar la maquinaria utilizada para el transporte, empaclado y carga de la biomasa residual.



Figura 3-12. Camión de carga de biomasa a granel (sin empaclar)  
(Fuente: Autor desconocido)



Figura 3-13. Máquina empacadora de biomasa (cortesía de TRABISA, S.L.)



Figura 3-14. Carga de las pacas en camión convencional con grúa (cortesía de TRABISA, S.L.)



Figura 3-15. Empacadora Forestpack.  
(Fuente: IDAE.)



Figura 3-16. Empacadora Balas de pino (izquierda) y poda de almendro (derecha) procesadas con la empacadora Forestpack de TRABISA - NOTEC.  
(Fuente: IDAE)

Además del ahorro en los costes de transporte, el sistema de pacas permite almacenar fácilmente la biomasa sin que ésta fermente, e incrementa la productividad de procesos posteriores como el astillado.

Las funciones de costes de transporte para las diferentes alternativas de estructura logística analizadas quedarían como muestra la Tabla 3-XLVI:

Tabla 3-XLVI. Funciones de coste de transporte (FCT) para cada estructura logística.

ALTERNATIVAS DE ESTRUCTURA LOGÍSTICA					UT (t)
OP1	previo compactado en balas, transporte propio				10,00
OP2	no compactación, transporte propio				2,50
OP3	previo compactado en balas, transporte subcontratado				10,00
OP4	no compactación, transporte subcontratado				2,50
FCT	CF			CD	
FCT1 =	107,46	x NV	+	2,26	x DT (ida)
FCT2 =	29,75	x NV	+	1,68	x DT (ida)
FCT3 =	150,33	x NV	+	2,33	x DT (ida)
FCT4 =	59,50	x NV	+	1,75	x DT (ida)

Don NV son el número de viajes realizados y DT es la distancia total recorrida.

En la página siguiente se ha incluido la representación gráfica de los costes de transporte, por tonelada y para un solo viaje, en función de la distancia.

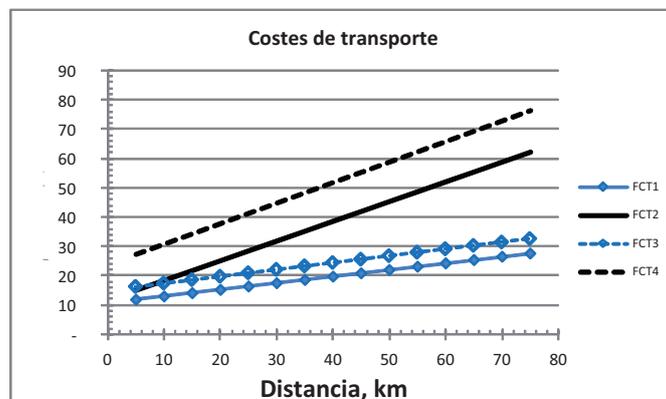


Figura 3-17. Coste de transporte (sin incluir amortización)

Cuando se comparan los costes de transporte puede observarse que la alternativa de subcontratación (FCT2 y FCT4) no parece atractiva ya que los costes son siempre mayores, no obstante estos costes no incluyen la amortización de los vehículos. En el punto 3.3.2 se analizará el impacto de la amortización de los vehículos de transporte y compactación, así como el efecto de la estacionalidad sobre el tiempo efectivo de operación. La comparación incluyendo los costes de amortización permitirá evaluar con rigurosidad cual es la mejor opción para cada caso.

Observando la Figura 3-17 puede concluirse que el coste dependiente de la distancia recorrida (pendiente de las rectas) tiene un valor 2 – 3 veces superior cuando no se utiliza compactación previa y, además, el coste de transporte por tonelada para distancias superiores a los 25-30 km puede ser más del doble para transporte sin compactación.

### 3.3.2.- Coste específico del transporte e impacto de la estacionalidad.

En este apartado se evalúan los costes de transporte teniendo en cuenta la vida útil de los vehículos y maquinaria involucrados, y el coste de adquisición de los mismos. El coste de camiones con grúa se ha fijado en función de los precios de mercado para distintas marcas (ver Figura 3-18), el precio aproximado de la empacadora corresponde al modelo Forestpack (Fuente: TRABISA – NOTEC).

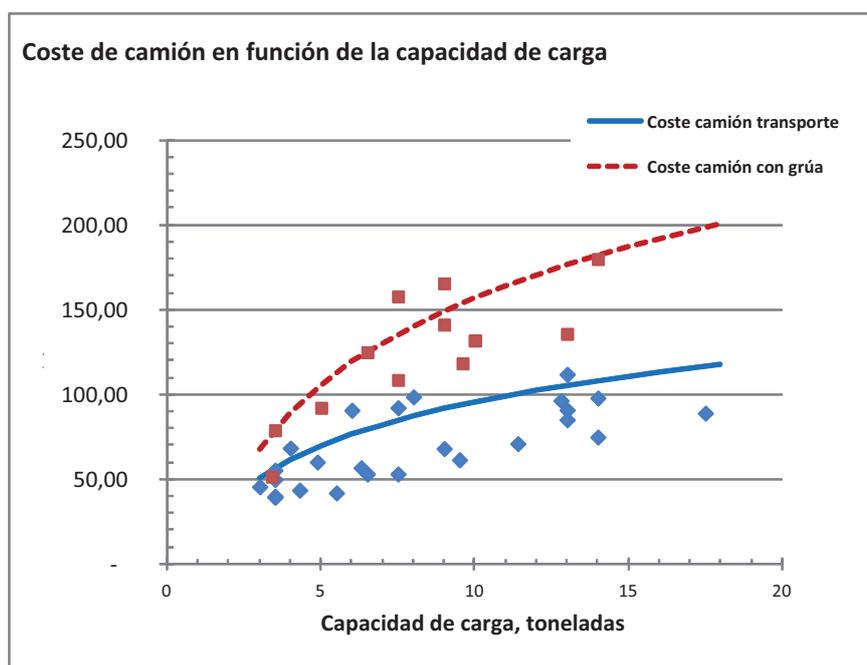


Figura 3-18. Coste de camiones de transporte según capacidad de carga  
(Fuente: varios fabricantes, MITSUBISHI, IVECO, RENAULT)

Los vehículos de transporte y similares poseen un valor residual al final de la vida útil, este valor se ha considerado como el 15 % del valor de adquisición [3.35]. El valor realmente consumido por la utilización del vehículo es del 85% del coste de adquisición. Se ha realizado la misma consideración para la empacadora.

En la Tabla 3-XLVII se resumen las consideraciones más importantes realizadas para el cálculo del coste total de transporte.

Tabla 3-XLVII. Consideraciones realizadas para el cálculo del coste total de transporte.

Vehículo	Características	Vida útil, años	Coste adquisición, k€	Coste de referencia, k€
Camión transporte a granel	Con grúa y pinza Carga 3 - 5 t	10 años	120	102
Camión transporte empacado	Con grúa y pinza Carga 10 -14 t	10 años	170	144.5
Empacadora	Pacas cuadrangulares	10 años	400	340

Para analizar como repercute el coste del camión y/o empacadora sobre la biomasa procesada es necesario conocer la productividad de la máquina (carga/descarga para el camión, empacado para la empacadora) y la función de costes de transporte obtenida en el apartado anterior.

El coste total de transporte (CTT) se calculará como:

$$CTT(\text{€} / t) = \frac{Cref_1(\text{€})}{BVU_1(t)} + \frac{Cref_2(\text{€})}{BVU_2(t)} + FCTa(\text{€} / t) \quad (3-13)$$

Donde:

- $Cref_i$  es el coste de referencia del vehículo o máquina i
- $BVU_i$  representa la cantidad de biomasa procesada (transportada ó empacada) durante toda la vida útil del vehículo
- $FCTa$  es la función de coste de transporte seleccionada (donde a puede tomar el valor 1, 2, 3 ó 4)

El parámetro  $BVU_i$  se calculará según las siguientes ecuaciones:

➤ Empacadora

$$BVU_1(t) = Vida.util(años) \cdot t_{OP}(h / año) \cdot C_U \cdot PROD_1(t / h) \quad (3-14)$$

Donde:

- $t_{OP}$  representa el tiempo de operación anual del vehículo o máquina, entendido como tiempo de trabajo teórico (p.e. 12 h/día durante 300 días al año)

- $C_U$  es la fracción de tiempo (expresado en tanto por uno) que la máquina se puede dedicar al empacado descontando el tiempo perdido en el desplazamiento de la máquina hasta la parcela de trabajo, por tanto este término es dependiente de la distancia.
- $PROD_i$  es la productividad horaria (t/h) de la máquina

$$C_U = 1 - \frac{\text{tiempo.transporte.diario}}{\text{tiempo.operación.diario}} \quad (3-15)$$

La velocidad promedio considerada para la compactadora es de 30 km/h y la del camión es de 40 km/h.

En el caso de la empacadora, el coeficiente  $C_U$ , además de la distancia de transporte, también incide la jornada laboral considerada ya que se supone que la compactadora realizará sólo un viaje de ida y vuelta (recorre 2 veces la distancia que separa el origen del destino) hasta el punto en que se encuentra la biomasa. Por tanto si la jornada es más corta, evidentemente el tiempo perdido en el transporte provocará una mayor reducción en la fracción de tiempo efectivamente útil para el empacado. Se ha supuesto como referencia una jornada de 12 h/día y se ha dejado como variable la distancia, la ecuación quedará de la siguiente manera:

$$C_U = 1 - \frac{2 \cdot d / v_1}{12} = 1 - \frac{1}{180} d \quad (3-16)$$

Donde:

- $d$  es la distancia de transporte en kilómetros
- $v_1$  es la velocidad de transporte de la compactadora, igual a 30 km/h.

➤ Camión

El enfoque para el caso del camión es distinto ya que su principal objetivo es el transporte y tenemos funciones de costes de transporte que caracterizan perfectamente los parámetros que inciden sobre la cantidad de biomasa que puede transportar durante su vida útil (capacidad de carga, velocidad de transporte, velocidad de carga y descarga), por tanto la ecuación quedará de la siguiente manera:

$$BVU_2(t) = \frac{Vida.util(años) \cdot t_{OP}(h/año) \cdot UT(t)}{t_{c/d} + 2 \cdot d(km) / v_2(km/h)} \quad (3-17)$$

Donde:

- $d$  es la distancia de transporte en kilómetros
- $v_2$  es la velocidad de transporte del camión, igual a 40 km/h
- $t_{OP}$  es el tiempo de operación anual del vehículo o máquina, entendido como tiempo de trabajo teórico (p.e. 12 h/día durante 300 días al año)
- $t_{c/d}$  es el tiempo empleado en las operaciones de carga y descarga.
- $UT$  es la capacidad de la unidad de transporte, expresada en toneladas.

Las ecuaciones analíticas que permiten calcular los costes de transporte totales obedecen a la estructura de la ecuación siguiente:

$$CTT(€/t) = \frac{A}{(B \cdot t_{OP} + t_{OP} \cdot d)} + \frac{C}{t_{OP}} + D \cdot \frac{d}{t_{OP}} + E \cdot d + F \quad (3-18)$$

Los valores que toman las constantes A, B, C, D, E y F se incluyen en la Tabla 3-XLVIII. La estructura logística OP1 y OP3 corresponden a transporte con previa compactación, y OP2 y OP4 corresponden al transporte sin previa compactación. Las variantes OP3 y OP4 representan la opción de transporte en camiones subcontratados.

Tabla 3-XLVIII. Valores de las constantes para la ecuación de costes totales de transporte

Estructura logística	A	B	C	D	E	F
OP1	599121,59	61,07042	-106,17609	195,42955	0,2261336	10,69545
OP2	599121,58	106,61333	0,00417	232,87096	0,6724432	11,89557
OP3	205306,00	33,88657	-130,46661	98,56314	0,2369946	11,28472
OP4	599040,21	290827,43631	0,00033	-0,02577	0,7000247	23,79801

En las siguientes páginas se ha incluido la representación gráfica de las funciones de costes totales de transporte para tiempos de operación entre 500 y 4000 h.

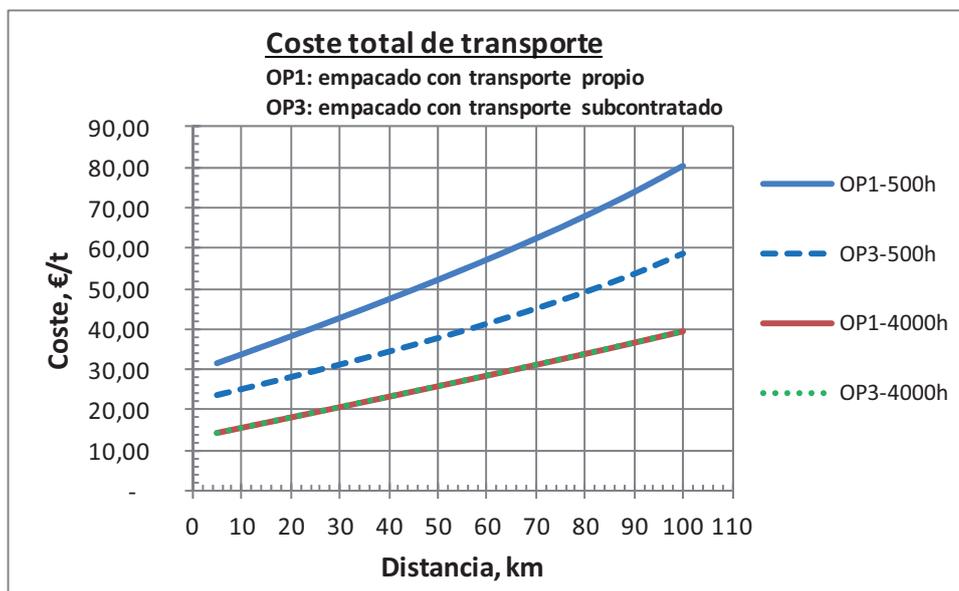


Figura 3-19. Coste total de transporte con previo empacado.

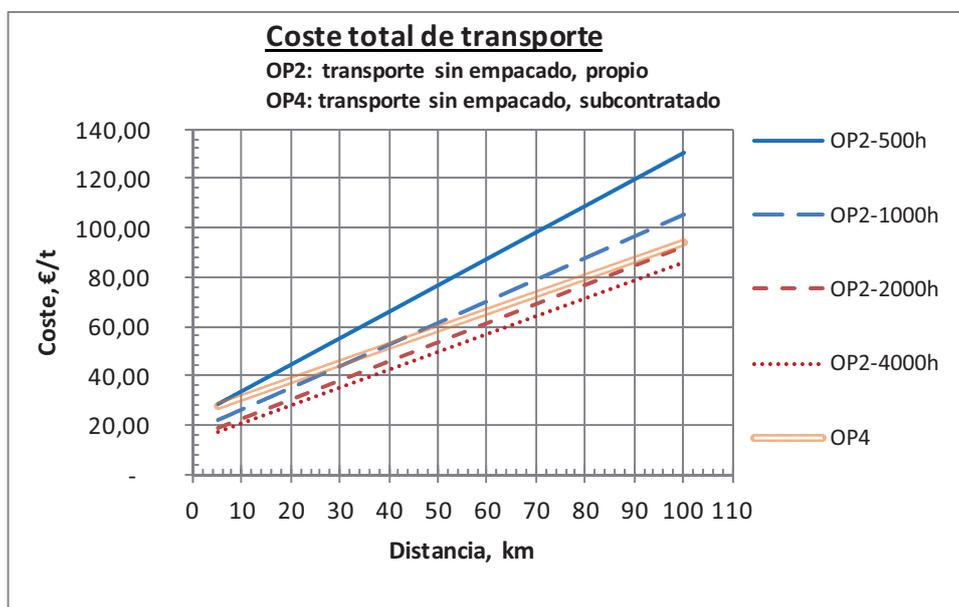


Figura 3-20. Coste total de transporte sin empacado.

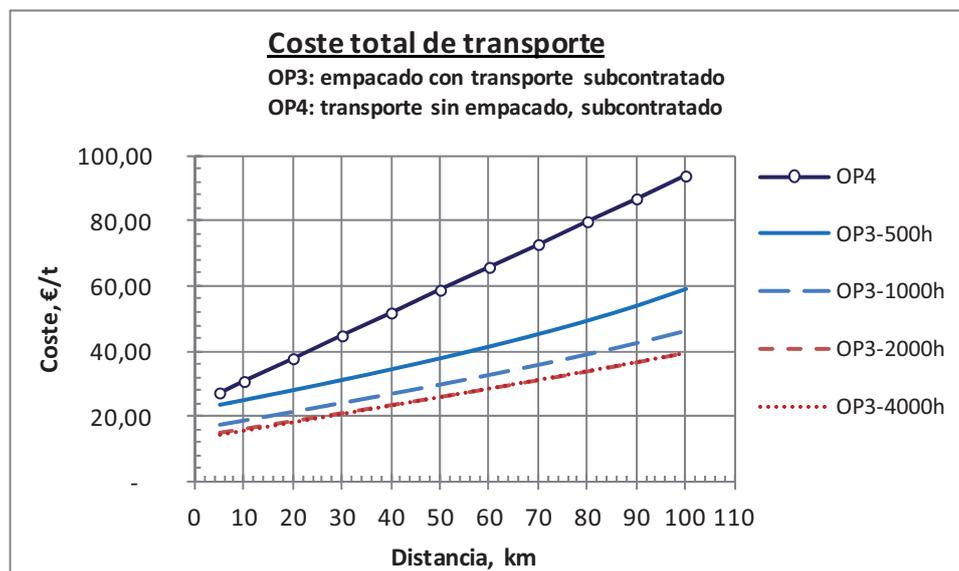


Figura 3-21. Comparativa de transporte con/sin empacado

Como muestran las figuras anteriores se pueden realizar las siguientes observaciones:

- El tiempo de operación tiene un impacto notable sobre el coste total de transporte, sobre todo para tiempos inferiores a 500-1000 h/año.
- A partir de las 2000 h/año, la disminución de costes debida al incremento del tiempo de operación es muy reducida, en ocasiones despreciable.
- La alternativa de transporte sin previo empacado sólo es comparable a la opción de empacado previo para distancias inferiores a los 10 km y, en cualquier caso, la alternativa de empacado (para tiempos de operación superiores a las 500 h/año) siempre supone costes de transporte menores.
- La subcontratación ó alquiler de camiones para el transporte sin empacado es especialmente favorable para tiempos de operación inferiores a las 1000 h para el transporte sin empacado. En el caso de previo empacado, el alquiler de camiones es siempre la mejor opción.

Tras estas comparativas preliminares puede concluirse que en la mayoría de situaciones (en cuanto a tiempos de operación y distancias de transporte) la alternativa OP3 (empacado previo y transporte subcontratado) es siempre una buena opción.

### **Impacto de la estacionalidad**

En clima mediterráneo la biomasa procedente de cultivos agrícolas (restos de poda, paja de cereal), e incluso de cultivos energéticos, se genera durante unas semanas o meses al año (como se ha mostrado en el punto 3.2.5 Análisis de estacionalidad, pag.137). Puesto que la biomasa debe recogerse, aproximadamente, en el momento en que se genera, cuanto mayor sea la estacionalidad (es decir, que en un menor tiempo se genera la mayoría de biomasa), el tiempo de utilización de los vehículos de transporte y empaquetado acumulado durante un año será menor y, por tanto, el coste incluyendo la amortización de dichos equipos se incrementará.

Para evaluar el impacto de la estacionalidad es necesario encontrar un indicador que pueda cuantificar dicha estacionalidad. Como indicador de la estacionalidad se ha utilizado la desviación estándar de los doce valores de aporte mensual de biomasa.

La desviación estándar (DESVEST) es la medida de la dispersión de los valores respecto a la media (valor promedio).

DESVEST se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$DESVEST = \sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \cdot \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \quad (3-19)$$

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N x_i \quad (3-20)$$

Donde,

$\sigma$  es la desviación estándar

$x_i$  representa cada uno de los 12 valores de biomasa disponible en los respectivos meses

$\bar{x}$  es el promedio de la muestra

$N$  es el tamaño de la muestra (las 12 mensualidades)

El procedimiento seguido ha sido evaluar el tiempo de operación estimado en 32 casos reales (32 comarcas de la Comunidad Valenciana), calcular la desviación estándar del aporte mensual de biomasa agrícola (se ha utilizado sólo la biomasa de origen agrícola porque en ella se presenta la mayor estacionalidad) en dichos casos reales y, en caso de observarse relación entre ambos parámetros, concluir la relación que hay entre ellos.

Para el cálculo del tiempo de operación se definió un tiempo teórico de operación (anual) y se calculó para, cada mes, el % de tiempo de operación ( $\%t_{OP}$ ), respecto al tiempo teórico mensual de operación de la planta de biomasa (obtenido como 1/12 del tiempo de operación anual). Dicho % de tiempo se calcula como la relación: capacidad de transporte específica del mes ( $Cm_i$ , t/mes) correspondiente a la biomasa a recoger en ese mes con respecto a la capacidad de transporte de diseño ( $Cd$ , t/mes):

$$\%t_{OP} = \sum_{i=1}^{12} \frac{Cm_i}{Cd} \cdot 100 \quad (3-21)$$

Donde,

$Cm_i$  es la capacidad de transporte (y empacado en su caso) el mes  $i$  en toneladas, y que se corresponde con la cantidad de biomasa disponible en dicho mes.

$Cd$  es la capacidad de transporte (y empacado en su caso) mensual de diseño el mes  $i$  en toneladas, y que se corresponde con la cantidad de biomasa disponible en dicho mes.

$\%t_{OP}$  es el porcentaje de tiempo, respecto al tiempo teórico de operación de la planta, que la planta realmente operará ó utilizara los vehículos de transporte y empacado.

Para la definición de la capacidad de transporte mensual de diseño  $Cd$  se consideraron tres posibles criterios:

- **Mes PROMEDIO:**  $Cd$  se calcula como el promedio de los 12 aportes mensuales de biomasa
- **Mes PROMEDIO + 1-DESVEST:**  $Cd$  se calcula como el promedio de los 12 aportes mensuales de biomasa más la desviación estándar de la muestra
- **Mes MÁXIMO:**  $Cd$  será igual al valor máximo de los 12 aportes mensuales de biomasa. Ésta es la única opción que garantiza poder recoger toda la biomasa disponible.

Para las 32 comarcas consideradas para la Comunidad Valenciana se obtuvieron los resultados representados gráficamente en la Figura 3-22 y Figura 3-23.

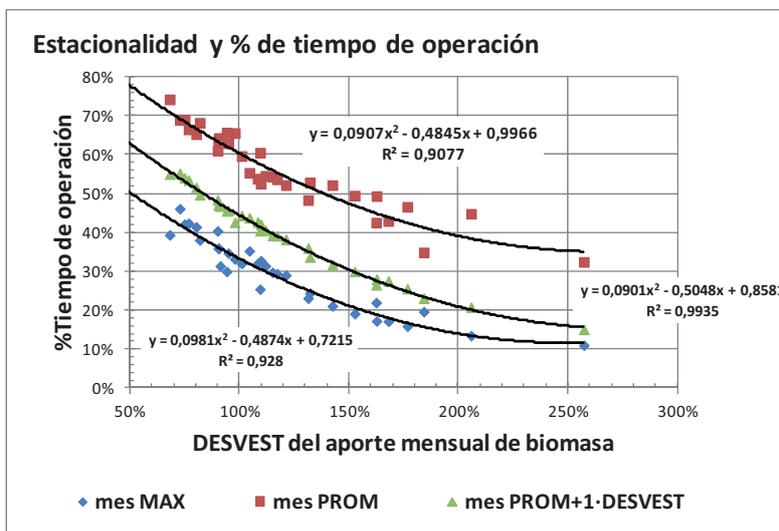


Figura 3-22. Estacionalidad y porcentaje de tiempo de operación para varias comarcas.

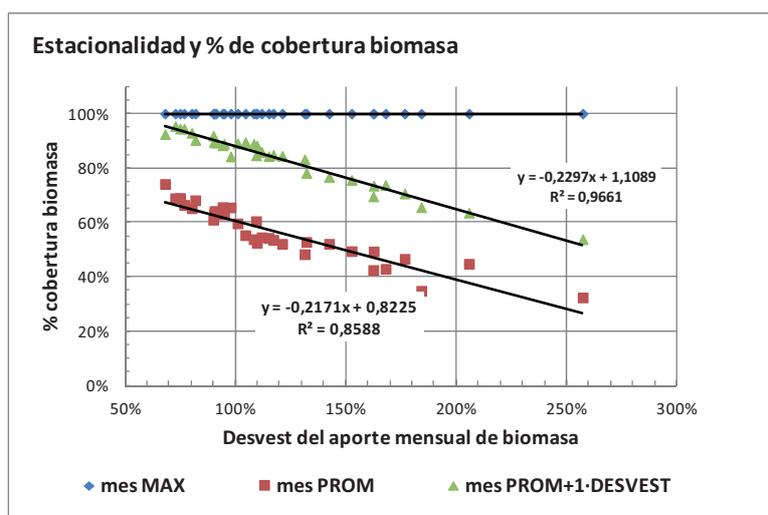


Figura 3-23. Estacionalidad y porcentaje de cobertura ó biomasa recogida.

En los gráficos anteriores puede concluirse que hay relación entre la desviación estándar del aporte mensual de biomasa y el porcentaje de tiempos de operación, ya que cuadrado del coeficiente de correlación de Pearson ( $r$ ) está en el rango 0,91-0,99. En general, valores (absolutos) de  $r > 0,80$  se consideran altos, aunque esto depende del número de parejas de datos con las que se realiza el cálculo.

### **3.4.- Módulo de tecnologías de aprovechamiento de biomasa**

En es este apartado se realizarán consideraciones técnico-económicas sobre las tecnologías de aprovechamiento energético de biomasa. Estas consideraciones permitirán identificar la mejor tecnología según la aplicación energética deseada y las características del residuo disponible.

Las aplicaciones energéticas pueden dividirse en producción de biocombustibles, aplicaciones eléctricas y aplicaciones de cogeneración. Las distintas aplicaciones requieren tecnologías específicas, el amplio rango de alternativas se ha reducido a un grupo tecnologías que están disponibles a nivel comercial, han demostrado su viabilidad técnica y económica y tiene una eficiencia aceptable, son las llamada Mejores Tecnologías Disponibles (MTD's).

Puesto que en este apartado son de crucial importancia los aspectos económicos se ha considerado conveniente incluir un apartado destinado a describir el área de recepción, almacenamiento y pre-tratamiento de biomasa (en adelante ARABI). La zona ARABI es el vínculo entre la estructura logística (camiones, empacadoras) y el proceso de transformación. Esta parte presente en cualquier planta de biomasa independientemente del objetivo final de transformación de biomasa (pellets, electricidad, calor,...), no obstante, su complejidad y costes sí que pueden presentar variaciones en función de la aplicación final y característica de la biomasa recogida.

### 3.4.1.- Área de recepción, almacenamiento y pre-tratamiento de biomasa.

En esta zona se recibirá la biomasa (normalmente mediante camiones o transporte rodado similar) y cabe distinguir las siguientes partes:

- **Zona de pesaje y control de entrada:** suele incluir una caseta de entrada y una bascula para pesaje de camiones. El pesaje de camiones es indispensable si el transporte no es propio, ya que se debe controlar el nivel de llenado de los camiones y/o facturar en función de la carga entregada.
- **Zona de recepción:** incluirá un muelle para descarga de camiones o un volteador de camiones tipo “truck tipper” ver Figura 3-25, y vehículos cargadores para llevar la biomasa, que ha sido descargada en suelo o foso, hasta la cinta transportadora que lleva a la zona de procesado previo.
- **Zona de procesado previo o pre-tratamiento:** suele incluir separación de metales y otros materiales (piedras, vidrio), astillado, y separación / clasificación granulométrica. En caso necesario puede incluir también procesos de secado o secaderos.
- **Zona de almacenamiento:** incluirá una nave (edificación ligera) de almacenamiento con capacidad para varios meses (mínimo un mes). Considerando densidades aparentes de  $0,2 \text{ t/m}^3$  (densidad representativa de astillas) y alturas de almacenamiento de 5 - 7 metros, para 1000 toneladas (biomasa con su humedad de equilibrio, es decir, 15-20%) de almacenamiento se necesitarían  $1000 \text{ m}^2$ , es decir  $0.7 - 1 \text{ m}^2/\text{t}$ . Las necesidades de espacio serían de aproximadamente la mitad para biomasa empacada.

Los costes de la zona ARABI se han basado en la bibliografía [3.39] (“*Biomass Combined Heat and Power Catalog of Technologies*”). En el citado documento se han cuantificado los costes en función de las toneladas/día de capacidad de recepción considerando un tiempo de operación de 16 h/día. La capacidad de recepción está expresada en t/h de biomasa fresca (típicamente 20 – 30% humedad). En la Figura 3-24 se han incluido los costes de instalación o inversión inicial de la zona ARABI en función de la capacidad de recepción y almacenamiento para un mes de operación.

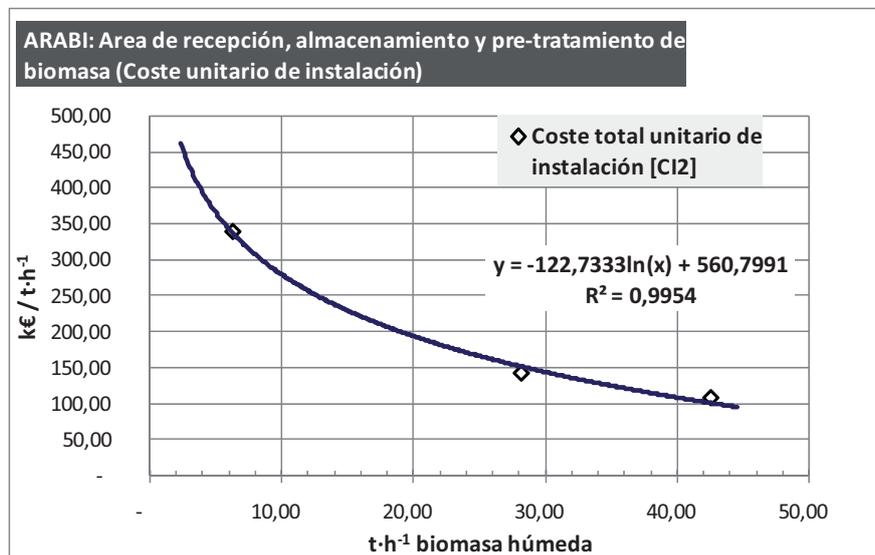


Figura 3-24. Costes de la zona ARABI



Figura 3-25. Volteador de camiones o "truck tipper"  
(Fuente: [3.40])

### **3.4.2.- Caracterización de las tecnologías aplicables y restricciones técnico-económicas**

En este apartado se realizarán consideraciones técnico-económicas sobre las tecnologías de aprovechamiento energético de biomasa. Estas consideraciones permitirán identificar la mejor tecnología según la aplicación energética deseada y las características del residuo disponible.

Las aplicaciones energéticas pueden dividirse en producción de biocombustibles sólido, aplicaciones eléctricas y aplicaciones de cogeneración. Las distintas aplicaciones requieren tecnologías específicas, el amplio rango de alternativas se ha reducido a un grupo de tecnologías que están disponibles a nivel comercial, han demostrado su viabilidad técnica y económica y tienen una eficiencia aceptable, son las llamadas Mejores Tecnologías Disponibles (MTD's) incluidas en la Tabla 3-XLIX.

Este punto se dividirá en dos apartados a y b, en el primero se realizará propiamente la descripción y caracterización de las tecnologías. En el apartado b se realizarán una serie de consideraciones proporcionadas por los fabricantes acerca de las restricciones o recomendaciones para garantizar la viabilidad técnica y económica de las aplicaciones.

Los tipos de planta de aprovechamiento energético de biomasa considerados son:

- **Plantas tipo A:** Planta de producción de pellets.
- **Plantas tipo B:** Planta de generación de electricidad (ciclos de vapor y motor de combustión interna)
- **Plantas tipo C:** Plantas de cogeneración.

Las plantas tipo B y C se presentarán de manera conjunta debido a que la opción de cogeneración implica pequeños cambios frente a la de sólo generación de electricidad.

#### **a) Caracterización de las tecnologías aplicables.**

El objetivo de este punto es caracterizar las tecnologías aplicables mediante funciones matemáticas o histogramas que relacionan la potencia instalada o biomasa tratada con los costes de instalación específicos y la eficiencia.

Para la caracterización de las tecnologías se ha utilizado información de fabricantes y distribuidores de los equipos (PRODESA, EQTEC Iberia, SL, CIS Engineering / ERATIC, S.A., TURBODEN s.r.l., CAEMA s.r.l), artículos técnicos (p.e. COGEN España), y datos del Plan de Energías Renovables en España 2005-2010 (PER).

Tabla 3-XLIX. Tipos de planta de aprovechamiento energético de biomasa. MTD's (mejores tecnologías disponibles)

Planta	Descripción
<p><b>Tipo A: Planta de pre-tratamiento</b> (Trituración, secado y peletización).</p> <p>Productos: biocombustibles sólidos.</p>	<p>En estas plantas <u>se producirá biocombustible sólido</u> y puede consumirse parte de la biomasa para las necesidades térmicas de proceso. El producto final puede tener varios formatos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Material triturado / astillado de diferentes granulometrías. Planta de astillado</li> <li>- Material peletizado. <b>Planta de pellets</b></li> </ul>
<p><b>Tipo B: Central térmica de generación de electricidad</b></p> <p>Productos: Electricidad.</p>	<p>En estas plantas se generará electricidad y se podrán utilizar los siguientes sistemas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ciclos de vapor (turbina a condensación, ciclo de rankine clásico)</li> <li>- Ciclos ORC (ciclo de rankine orgánico)</li> <li>- Sistemas de gasificación acoplados a motor de combustión interna (principalmente)</li> </ul>
<p><b>Tipo C: Central térmica de cogeneración.</b></p> <p>Productos: Electricidad y calor.</p>	<p>En esta planta <u>se generará electricidad y calor</u> (en caso de ubicar la central en o junto a una empresa o centro con importantes necesidades térmicas). Se utilizará la biomasa para suministrar al sistema de cogeneración. La potencia térmica disponible se utilizará parcialmente para el secado previo.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ciclos de vapor (turbina a condensación-extracción, vapor como principal aplicación térmica)</li> <li>- Ciclos ORC (para aplicaciones de agua caliente y calefacción únicamente)</li> <li>- Sistemas de gasificación acoplados a motor de combustión interna (aplicaciones de agua caliente, calefacción ó vapor)</li> </ul>

### PLANTA TIPO A1. PLANTA DE PELETIZACIÓN

El objetivo de esta planta es obtener un combustible sólido estandarizado (pellet) a partir de biomasa que puede ser de granulometría y propiedades heterogéneas.

Normalmente es necesario haber acondicionado previamente los residuos mediante astillado o secado previo, y realizar una molienda posterior, por lo que el coste final del producto obtenido (briquetas, pellets) es superior al del resto de los residuos transformados en combustibles menos elaborados (astillas, serrín, virutas, etc.). En la Tabla 3-L se incluyen propiedades y costes de los pellets y otros biocombustibles sólidos utilizados habitualmente en calefacción.

Tabla 3-L. Propiedades de los pelets y comparativa con otros biocombustibles sólidos.

Biocombustibles para calefacción	Pellets de madera	Astillas de madera	Residuos agroindustriales
Poder calorífico inferior (Gj/t)	17	13,4	14,6 a 16,7
Poder calorífico por kg (kWh/kg)	4,7	3,7	4 a 4,7
Poder calorífico en volumen (kWh/m <sup>3</sup> )	3.077	744	744 a 2.500
Humedad (%)	8	25	10 a 40
Tamaño	Ø 6 mm	30 – 100 mm	5 – 100 mm
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	650	200	200 a 500
Contenido en cenizas (%)	0,5	1	1 a 2
Precio €/t - 2011	210 – 250 (a)	50 – 70 (b)	40-100 (b)
Precio €/kWh - 2011	0,45 – 0,55	0,14 – 0,19	0,1 – 0,25

(a) Incluye transporte, presentación en sacos de 15 kg (transporte a granel es un 20-30% más económico).

(b) Transporte a granel

(Fuente: IDAE)

Los procesos presentes en una planta de peletización son:

- **Astillado:** reducción granulométrica inicial puede realizarse en origen (explotación agrícola o forestal). Cuando está en planta se considera incluida en el área de recepción y almacenamiento (ARABI) descrita anteriormente.
- **Secado forzado:** es imprescindible cuando la materia prima presenta elevada humedad (25-50%). Esta operación se puede realizar en un secadero rotatorio directo, cuyo flujo secante provenga de los gases de combustión de viruta, orujillo u otro tipo de biomasa disponible.
- **Molienda:** El material, una vez secado, se hace pasar por un molino refinador que iguala los tamaños de partícula a un máximo de 5 mm. La materia prima seca y refinada se transporta a un silo previo al peletizado.
- **Peletización:** En función de la forma de la matriz empleada, se pueden diferenciar dos tipos de peletizadoras. Por un lado, la de matriz plana, en

la que uno o varios rodillos pasan sobre el producto y lo extruyen entre los orificios que posee la matriz. Por otra parte, la peletizadora de matriz anular (la más utilizada a nivel industrial), que tiene forma de corona circular agujereada, con una luz y espesor determinados, sobre la cual giran excéntrica-mente uno o varios rodillos. El material que va entrando en cada canal de compactación (orificio) forma un hilo continuo que sale por el otro extremo y es cortado según la longitud deseada (20 – 30 mm) mediante un cabezal con cuchillas. Debido a las grandes presiones a las que se somete el material (1.500-1.600 kg/cm<sup>2</sup>) y las elevadas temperaturas que se alcanzan en la matriz próximas a los 150 °C, junto con un pequeño porcentaje de humedad (10%) que es añadido en el proceso, se logra la plastificación de la lignina actuando ésta como aglomerante natural de las partículas y barrera contra la humedad.

- **Enfriamiento:** Una vez elaborados los pellets pueden presentar temperaturas superiores a 80-100°C, y deben enfriarse suave y lentamente para evitar que se produzcan fisuras.
- **Envasado / Almacenamiento:** El almacenamiento, y posterior distribución, suele hacerse en sacos de 15 – 25 kg (que son los más comercializados en Europa), en big bags o en una tolva para posterior distribución a granel.

En la Figura 3-26 se ha incluido el esquema de la planta de pellets y el orden en que se realizan los procesos descritos anteriormente.



Figura 3-26. Esquema planta de pellets  
(Fuente: PRODESA, IDAE)

El proceso de producción de pellets requiere electricidad (principalmente para trituración y peletización) y calor para el secado. En la Tabla 3-LI se han incluido las necesidades energéticas y balance energético en una planta convencional de producción de pellets [3.38] que procesa biomasa con un 35% de humedad. Se puede concluir que se consumen 30,5 kWh de electricidad por MWh (en PCS) de pellet producido (aproximadamente 152.5 kWh de electricidad por tonelada de pellets).

Tabla 3-LI. Balance energético horario en una planta convencional de producción de pellets.

Energía consumida, MWh (en base a PCS)			Energía producida, MWh (en base a PCS)		
Raw Biomass	Electricity	Fuel <sup>a</sup>	Biomass pellets	Electricity	Heat
20,0 [100%]	0,57	1,33	18,67 [93.35%]	-	-

<sup>a</sup> Suponiendo 35% de humedad en la biomasa de entrada y utilizando la propia biomasa como combustible para el secado. Consumo de combustible de 1000 kWh por tonelada de agua evaporada (en el secado).

En cuanto al balance másico para el cálculo de la cantidad de pellets producidos a partir de la biomasa recibida en la planta, y suponiendo que:

- La biomasa es secada hasta el contenido de humedad máximo que deben tener los pellets, es decir, 10% (norma europea prEN 14961-2).
- La propia biomasa es utilizada para el secado a razón de 1000 kWh por tonelada de agua evaporada en el secado.

Las ecuaciones necesarias quedarían de la siguiente manera:

$$PELLET = BIO \cdot \frac{(1-H_{BIO})}{(1-H_{PELLET})} \cdot EFI_{T,PELLET} \quad (3-22)$$

$$EFI_{T,PELLET} = \frac{AGUA_{EVAPORADA} \cdot 1000}{BIO \cdot PCS_{BIO}} \quad (3-23)$$

$$AGUA_{EVAPORADA} = BIO \cdot \frac{(H_{BIO} - H_{PELLET})}{(1-H_{PELLET})} \quad (3-24)$$

Donde,

- PELLET es la cantidad de pellets producidos (t/año)
- BIO es la cantidad de biomasa fresca procesada (t/año)
- $H_{BIO}$  es el contenido en humedad de la biomasa fresca (% en base húmeda)
- $H_{PELLET}$  es el contenido en humedad de los pellets producidos (% en base húmeda)
- $EFI_{T,PELLET}$  es la eficiencia térmica de la producción de pellets considerando la propia biomasa como combustible para el secado a razón de 1000 kWh por tonelada de agua evaporada.
- $PCS_{BIO}$  es el poder calorífico de la biomasa fresca (en kWh/kg).

En el proyecto europeo Pellets for Europe se estudio el mercado existente de pellets en el sur de Europa (España, Grecia, Italia principalmente) y se cuantificaron los costes típicos y patrón de operación de una planta de producción de pellets (en el informe del proyecto: *Deliverable n. 21. Market assesment report on pellets in Southern Europe*). Los resultados de esta estimación se citan Tabla 3-LII:

Tabla 3-LII. Patrón de operación y costes de una planta tipo de peletización

<b>Producción t/año</b>	14000 - 16000
<b>Operación horas/año</b>	3500 - 4000
<b>Tamaño planta t/h</b>	4
<b>h/día</b>	16
<b>d/año</b>	200 - 250
<b>Personal</b>	6 - 9
<b>Sueldo €/año-persona</b>	25000
<b>COSTE instalación €</b>	1.600.000
<b>COSTE € / t/h</b>	400.000

Los costes de instalación son un 40 - 45% menores que los observados en países más nórdicos como Austria o Suecia. En estos casos los costes son mayores pero conviene notar que en estos países las instalaciones se diseñan para biomasa con mayor contenido de humedad (45 – 55%). El hecho de una mayor humedad supone un importante incremento de costes ya que como se puede observar en la Figura 3-27, el secadero puede suponer el 30 – 40% de los costes de instalación totales y el coste de estos equipos es proporcional a la capacidad de evaporación de agua.

La Figura 3-27 es de elaboración propia y se ha obtenido en base a datos de la bibliografía [3.38], en dicho artículo se describen las necesidades energéticas y costes asociados a la instalación y mantenimiento de una planta de peletización comercial en base a casos reales en funcionamiento. Cabe resaltar en dicho artículo se ha considerado biomasa con una humedad, en el momentos de realizar el secado, del 55%.

En base a este artículo se han recalculado los costes de inversión inicial y Operación y Mantenimiento (en adelante O&M) suponiendo que la humedad es del 35% al inicio del procesado y que la biomasa ya está en formato astillas. En el caso de los costes de O&M no se han incluido los costes de aprovisionamiento de biomasa. Los resultados se muestran en la Figura 3-28.

**Planta de producción de pellets: Desglose de inversión total**

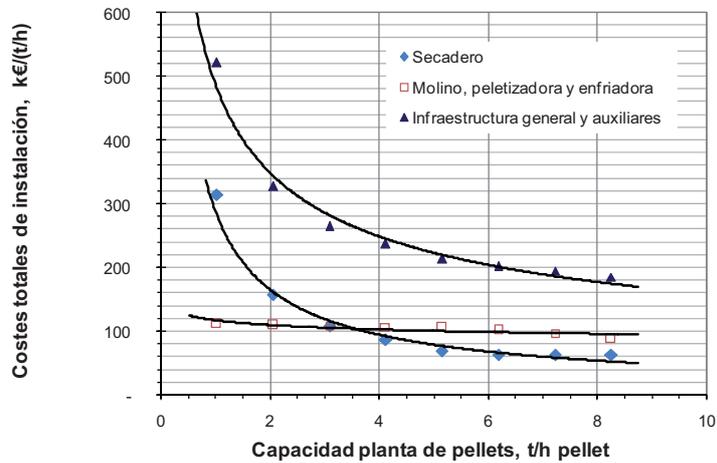


Figura 3-27. Costes de instalación de una planta de peletización. (Biomasa con 35% humedad)

**Planta de producción de pellets: Inversión total y costes O&M**

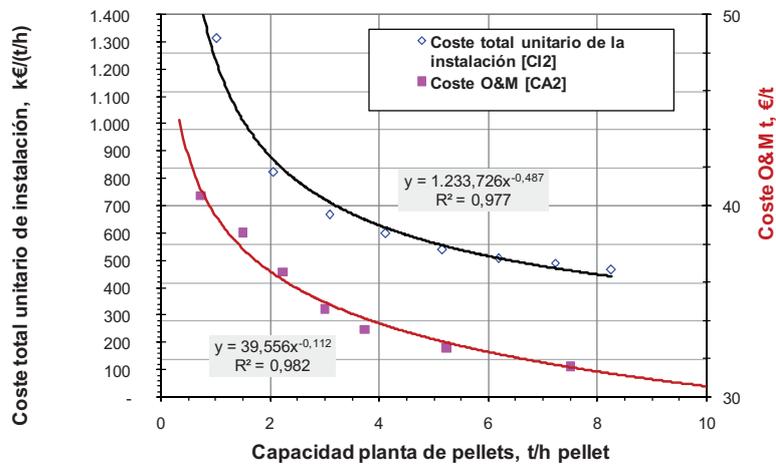


Figura 3-28. Costes de instalación y O&M en planta de pellets (Biomasa con 35% humedad. Costes de aprovisionamiento de biomasa no incluidos)

Como se ha comentado en la página anterior, una parte importante de los costes totales de inversión es el secadero, cuyo coste depende de la capacidad de evaporación. Las diferencias observadas [3.38] en función de la humedad pueden aproximarse con el siguiente factor de corrección en función del contenido en humedad (FIH):

$$FIH = 1 - \frac{(H_{BIO} - 0,35)}{2} \quad (3-25)$$

Donde,

$H_{BIO}$  es el contenido en humedad de la biomasa procesada.

En La ecuación anterior puede observarse que para contenidos de humedad alrededor del 35% (humedad de referencia para la estimación de costes) FIH es cercano a la unidad.

En caso de introducir el factor de corrección el valor del coste total unitario de la instalación ( $C_{12}$ ) sería:

$$C_{12.corregido} = FIH \cdot C_{12} \quad (3-26)$$

En cuanto a los requerimientos de calidad de los pellets producidos, en la Tabla 3-LIII se ha incluido el estándar europeo de calidad para pellets de madera. La mayoría de parámetros pueden ser cumplidos con biomasa agrícola excepto el de porcentaje de cenizas, no obstante el pellet seguiría siendo comercializable (la mayoría de fabricantes de calderas admiten biomasa con un 2-5% de ceniza). Especificación técnica europea sobre biocombustibles sólidos, UNE-CEN/TS 14961 EX, se contemplan diversos tipos de pellets llegando a calidades que admiten incluso contenidos de ceniza superiores al 6%. No obstante, cabe suponer que a mayor contenido en ceniza menor calidad y, por tanto, menor precio de mercado.

Tabla 3-LIII. Estándar europeo de calidad de pellets (norma europea prEN 14961-2)

Descripción	Unidad de medida	ENplus-A1	ENplus-A2
Diámetro	mm	6 (± 1)	6 (± 1)
Longitud	mm	3,15 ≤ L ≤ 40 <sup>1)</sup>	3,15 ≤ L ≤ 40 <sup>1)</sup>
Densidad	kg/m <sup>3</sup>	≥ 600	≥ 600
Poder calorífico	MJ/kg	≥ 16,5	≥ 16,5
Humedad	%	≤ 10	≤ 10
Polvo	%	≤ 1 <sup>3)</sup>	≤ 1 <sup>3)</sup>
Resistencia mecánica	%	≥ 97,5 <sup>4)</sup>	≥ 97,5 <sup>4)</sup>
Residuo de ceniza	% <sup>2)</sup>	≤ 0,7	≤ 1,5
Temperatura de fusión de la ceniza	°C	≥ 1200	≥ 1100
Cloro	% <sup>2)</sup>	≤ 0,02	≤ 0,03
Azufre	% <sup>2)</sup>	≤ 0,05	≤ 0,05
Nitrógeno	% <sup>2)</sup>	≤ 0,3	≤ 0,5
Cobre	mg/kg <sup>2)</sup>	≤ 10	≤ 10
Cromo	mg/kg <sup>2)</sup>	≤ 10	≤ 10
Arsénico	mg/kg <sup>2)</sup>	≤ 1	≤ 1
Cadmio	mg/kg <sup>2)</sup>	≤ 0,5	≤ 0,5
Mercurio	mg/kg <sup>2)</sup>	≤ 0,1	≤ 0,1
Plomo	mg/kg <sup>2)</sup>	≤ 10	≤ 10
Níquel	mg/kg <sup>2)</sup>	≤ 10	≤ 10
Zinc	mg/kg <sup>2)</sup>	≤ 100	≤ 100

1) no más del 1% del pellet puede superar los 40 mm de largo. Máxima longitud admitida: 45mm

2) determinado según medición en seco

3) partículas < 3,15 mm (partículas de polvo fino antes del suministro del combustible)

4) para mediciones, realizadas con Lignotester, el valor límite es ≥ 97,7 del peso base en %

### **PLANTA TIPO B / C. PLANTAS DE GENERACIÓN / COGENERACIÓN**

En este apartado se describirán los principales tipos de plantas de generación de electricidad y cogeneración con biomasa, y se realizarán una caracterización técnica y económica que permitirá realizar posteriores análisis de viabilidad.

En todos los casos los costes de la instalación se refieren a costes específicos de la planta (€ por kW instalado) sin incluir los costes de la zona de recepción y acondicionamiento de la biomasa (descrito en el punto 3.4.1). Los costes de instalación incluyen:

- **Coste de los equipos (partida de gastos principal).**
- **Costes de obra civil e instalaciones accesorias** (electricidad, agua, evacuación humos,...). Esta partida puede ser bastante variable según el proyecto concreto. Para las valoraciones económicas basadas en proyectos reales y fabricantes esta partida de gastos suele estar en el rango 10 -15 % del coste total del proyecto.
- **Costes del proceso de instalación o construcción de la planta in-situ.**
- **Otros gastos** (<10%, en concepto de gastos de ingeniería, permisos,...)

#### **PLANTA TIPO B1 / C1.**

#### **PLANTA DE GASIFICACIÓN CON MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA**

Una planta de gasificación presenta como elementos principales el sistema de alimentación de biomasa, el reactor de gasificación (lecho fijo o lecho fluido), el sistema de limpieza y acondicionamiento del gas, y la tecnología de generación/cogeneración

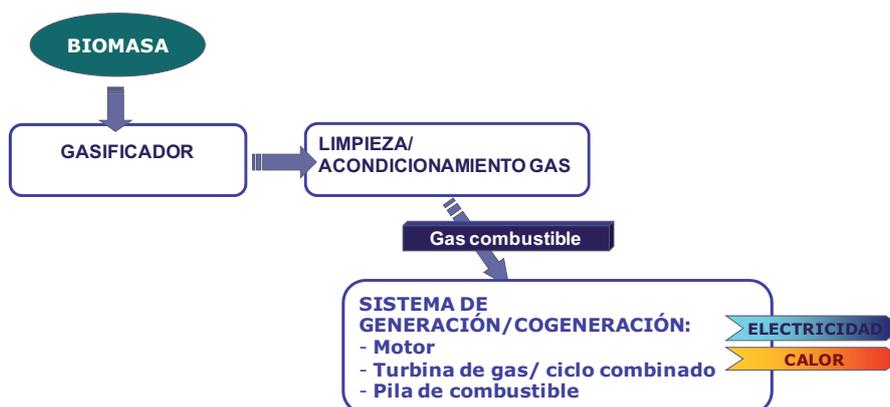


Figura 3-29. Esquema general de una planta de gasificación.

Obviamente la planta deberá estar provista de equipamiento de monitorización y control, equipamiento auxiliar y obra civil accesoria (en su caso).

Se considera apropiado gasificadores de lecho fijo para aplicaciones de pequeña potencia (<750 - 1000 kWe) y el gasificador de lecho fluidizado para potencias mayores.

Los costes de operación y mantenimiento suelen estar en el rango 0,01 – 0,02 €/kWh de electricidad producido. Normalmente se cumple que a mayor potencia el coste se acerca al mínimo del rango estimado.

- **B1.1 - Gasificador de lecho fluido + motor de combustión interna (MCI), 0.5 – 12 MW:**

La empresa en la que se ha basado el autor para caracterizar esta tecnología es ENAMORA, que ha desarrollado esta tecnología dispone de una instalación completa de gasificación y generación eléctrica a partir del syngas en un motoalternador. La planta es flexible de forma que puede adaptarse a cualquier combustible que se quiera evaluar para ultimar detalles de diseño y consignas de operación en proyectos que se les encargan.

La planta contiene los siguientes elementos:

- **Sistema de alimentación de biomasa**, que está formado por dos tolvas sucesivas, aisladas mediante válvulas de clapeta, que impiden la entrada de aire al reactor. La biomasa se introduce en el gasificador en su tercio inferior, de forma que se vierta sobre el lecho fluido.
- **Reactor de lecho fluido burbujeante:** módulos unitarios en el rango 500 - 1000 kg/h. Tecnología modular que permite alcanzar potencias totales superiores a los 10 MW.
- **Sistema de limpieza y acondicionamiento del gas combustible**, consistente en enfriadores del gas (intercambiador de contacto indirecto), filtro de mangas, y sistema de enfriamiento de cenizas. Este sistema no necesita de un lavado por vía húmeda, por lo que no genera aguas residuales. Tan sólo una pequeña parte se condensa en el enfriamiento, junto a naftalenos que, separados por decantación simple, se mezclan con la biomasa entrante al gasificador. El sistema puede incluir también ciclones para eliminación de partículas.
- **Grupo electrógeno a gas.**
- **Sistema de monitorización y control.**
- **Equipamiento auxiliar**

En la siguiente foto se ha incluido un modulo que incluye el reactor (a la derecha de la foto) con los sistemas de alimentación de biomasa (3 puntos de alimentación) y el sistema de limpieza del gas combustible.



Figura 3-30. Planta de gasificación de lecho fluido burbujeante. Módulo de 1000 kg/h. (MOVIALSA, Fuente IDAE)

Las principales características técnicas (eficiencia eléctrica y térmica) y económicas (costes de la planta y costes de operación y mantenimiento) para los posteriores análisis de viabilidad técnico-económica se incluyen en las gráficas siguientes:

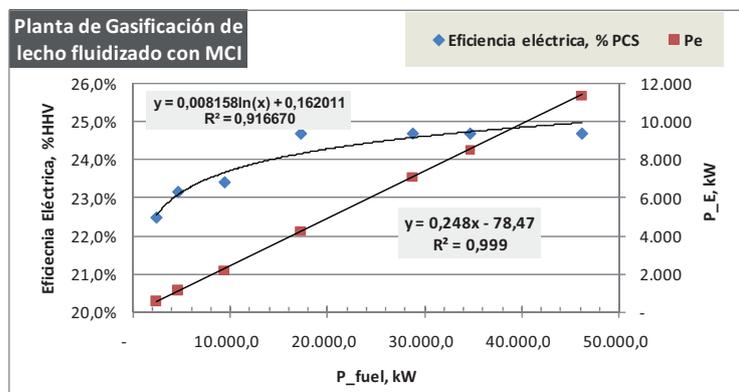


Figura 3-31. Potencia y eficiencia eléctrica en función de la potencia fuel.

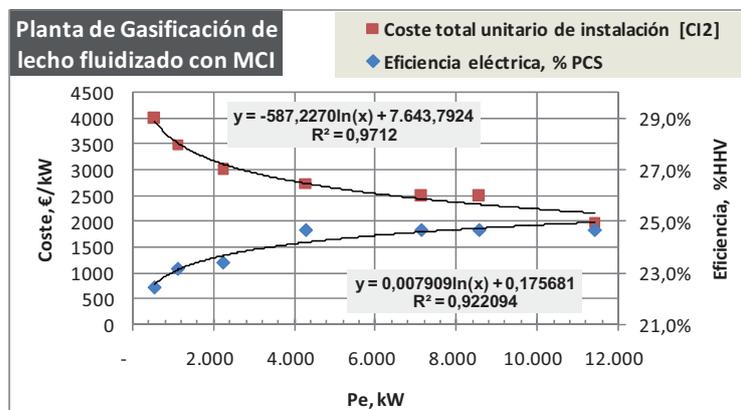


Figura 3-32. Costes de instalación y eficiencia en función de la potencia eléctrica instalada.

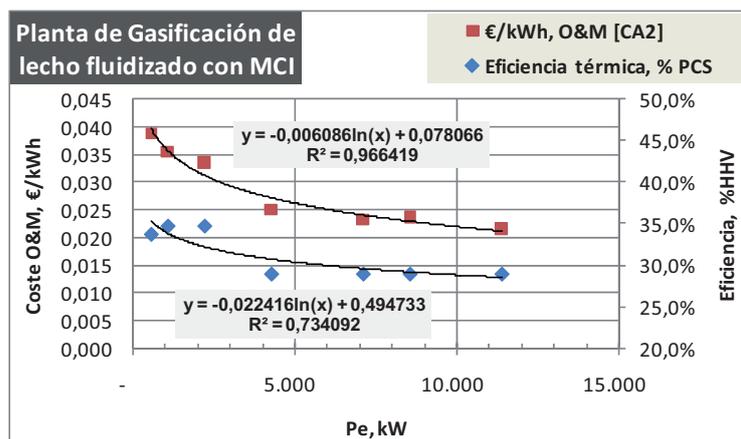


Figura 3-33. Costes de instalación y eficiencia en función de la potencia eléctrica instalada.

El coste de la planta está referido a planta de cogeneración (producción combinada de calor y electricidad), si la planta produce sólo electricidad los costes totales son un 5 – 10% más bajos [3.39].

- **B1.2 - Gasificador de lecho fijo + motor de combustión interna (MCI), 0.05 – 1 MW**

La tecnología de lecho fijo descendente o downdraft es una tecnología madura aunque la disponibilidad de suministradores no es elevada y los costes siguen siendo altos.

La planta tipo contendría los siguientes elementos:

- **Sistema de alimentación de biomasa**, que está formado una tolva superior y un depósito intermedio, aislados mediante válvulas de clapeta, que impiden la entrada de aire al reactor. La biomasa se introduce en el gasificador por la parte superior.
- **Reactor de lecho fijo downdraft**: modulos unitarios en el rango 10 - 1000 kg/h. Tecnología modular que permite alcanzar potencias superiores a 1 MW (aunque no es habitual en las plantas en funcionamiento actuales).
- **Sistema de limpieza y acondicionamiento del gas combustible**, consistente en enfriadores del gas (ciclón, intercambiador de contacto directo o indirecto), filtro de mangas, y otros sistemas.
- **Grupo electrógeno a gas.**
- **Sistema de monitorización y control.**
- **Equipamiento auxiliar**

Como ejemplo comercial se ha tomado la planta de la empresa XLOWATT. En la Figura 3-34 se ha incluido un esquema de la planta de 300 kW<sub>e</sub> de dicha empresa donde puede verse el reactor (a la izquierda) con su sistema de alimentación de biomasa, el sistema de limpieza del gas combustible y el grupo electrógeno de cogeneración a la derecha.

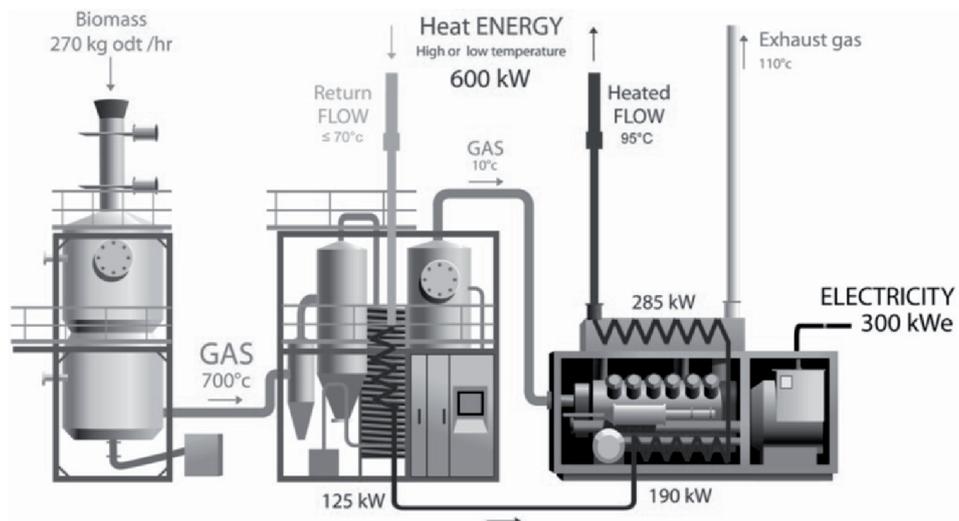


Figura 3-34. Esquema de la planta de gasificación en lecho fijo downdraft. (Fuente: XYLOWATT - [www.xylowatt.com/](http://www.xylowatt.com/))

Las principales características técnicas (eficiencia eléctrica y térmica) y económicas (costes de la planta y costes de operación y mantenimiento) para los posteriores análisis de viabilidad técnico-económica se incluyen en las gráficas siguientes:

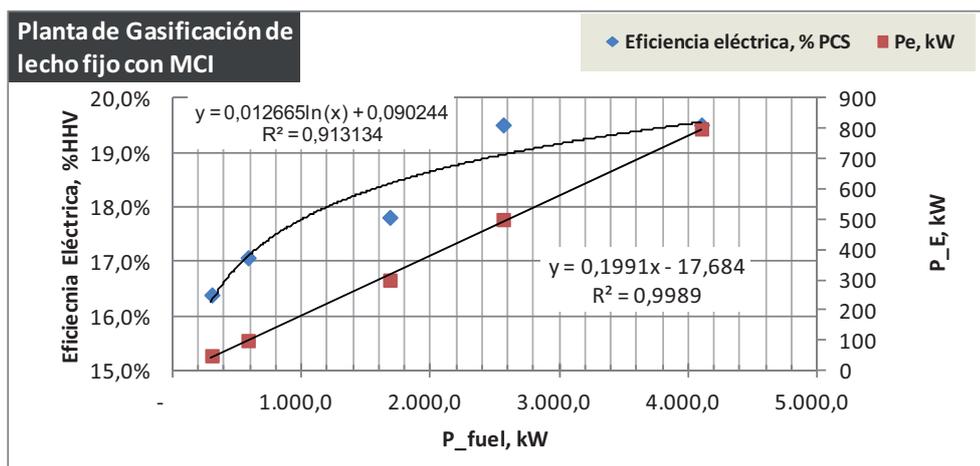


Figura 3-35. Potencia y eficiencia eléctrica en función de la potencia fuel.

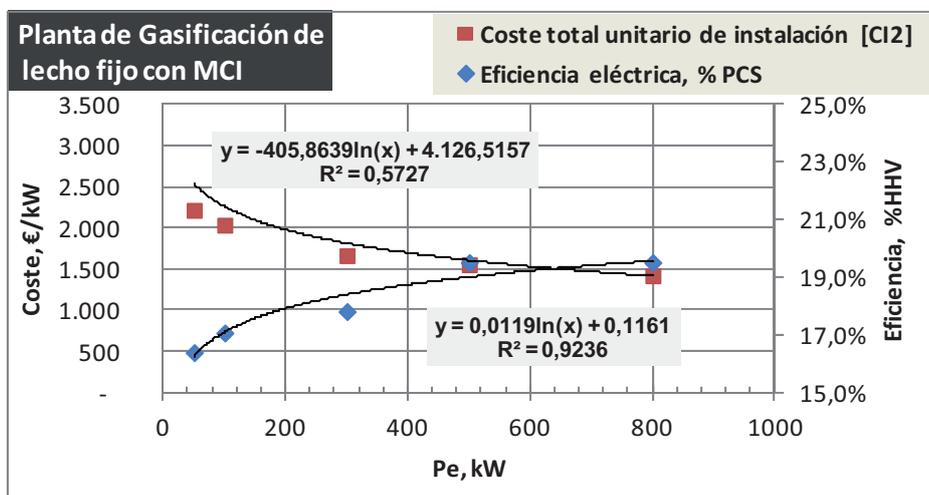


Figura 3-36. Costes de instalación y eficiencia en función de la potencia eléctrica instalada.

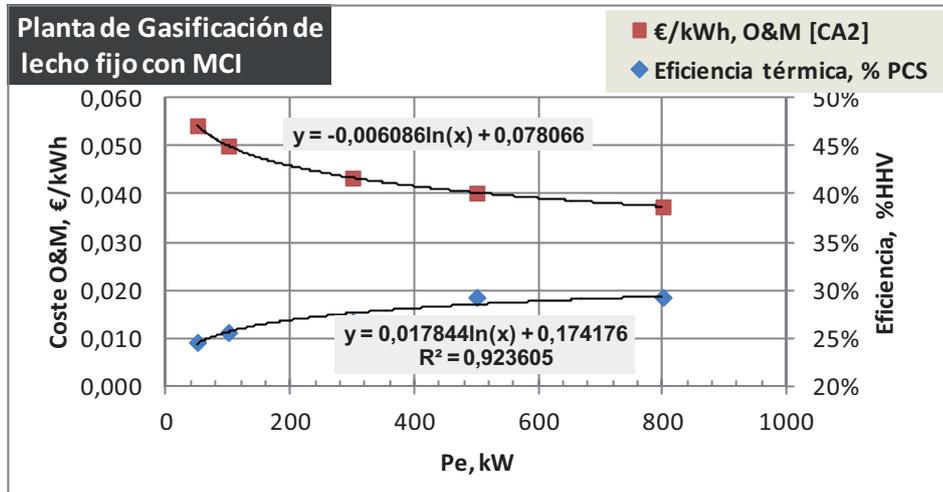


Figura 3-37. Costes de instalación y eficiencia en función de la potencia eléctrica instalada.

El coste de la planta está referido a planta de cogeneración (producción combinada de calor y electricidad), si la planta produce sólo electricidad los costes totales son un 10 – 15% más bajos.

### **PLANTA TIPO B2 / C2. PLANTA DE COMBUSTION CON TURBINA DE VAPOR**

Estos son los sistemas más convencionales empleados en centrales térmicas, y que son también utilizados en la mayor parte de plantas comerciales de generación de electricidad con biomasa. Estas instalaciones consisten básicamente en una caldera donde se realiza la combustión de biomasa y se genera vapor que alimenta a una turbina acoplada a un alternador. El calor residual de la turbina suele utilizarse para el secado de la propia biomasa, calefacción y otros procesos térmicos industriales de baja temperatura.

Las calderas alimentadas con Biomasa más utilizadas en la actualidad son de parrilla, cuyo diseño, derivado del de las calderas de carbón, presenta algunas particularidades para su adaptación a los productos biomásicos de los que, por otra parte, los serrines y astillas de madera o leña y la paja de cereales son los más utilizados.

El sistema más extendido de alimentación para la Biomasa, sobre todo cuando se trata de astillas de madera, son tornillos cuya velocidad regula el flujo de combustible. Asimismo otro sistema muy extendido consiste en la colocación de válvulas alveolares antes de la entrada de combustible a la caldera, que son utilizadas para así lograr un flujo más homogéneo del combustible, evitando atascos a la entrada de la caldera, así como el retroceso de las llamas. Para pequeñas plantas también se puede utilizar el sistema de pistón hidráulico.

En el caso de centrales térmicas alimentadas con paja, las unidades de alimentación suelen incorporar nuevos elementos o incluso, ser distintas a las descritas debido a las características específicas del biocombustible. De manera general se presentan dos opciones: introducir la paja en bala, o desmenuzar las balas e introducir la paja suelta. En la opción de disgregación de las balas se requerirá un sistema de pre-tratamiento, que desempacan la bala y reducen el tamaño de partícula de manera que el combustible se adecua mejor a las exigencias de la tecnología de combustión.

Los costes de operación y mantenimiento suelen estar en el rango 0.007 – 0.012 €/kWh de electricidad producido. Normalmente se cumple que a mayor potencia el coste se acerca al mínimo del rango estimado.

- **B2 - Caldera + turbina de vapor a condensación, 2 – 40 MW**

En las aplicaciones basadas en turbina de vapor el problema de contenido en cenizas del combustible afecta solo a la operación de la caldera, debido a que esta tecnología es bastante versátil y se posee una amplia experiencia industrial en su diseño y operación el contenido en cenizas puede ser más elevado y alcanzar valores del 15 – 20% en peso.

Las principales características técnicas (eficiencia eléctrica y térmica) y económicas (costes de la planta y costes de operación y mantenimiento) para los

posteriores análisis de viabilidad técnico-económica se incluyen en las gráficas siguientes:

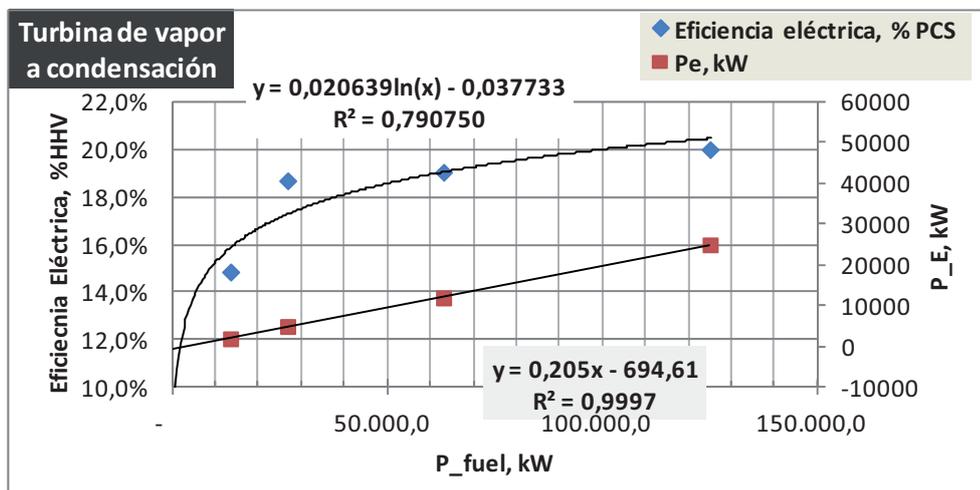


Figura 3-38. Potencia y eficiencia eléctrica en función de la potencia fuel.

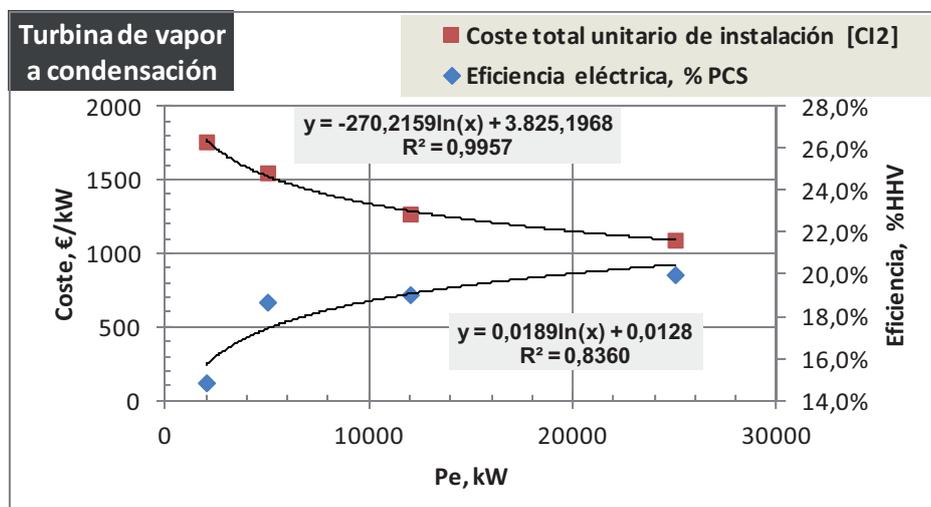


Figura 3-39. Costes de instalación y eficiencia en función de la potencia eléctrica instalada.

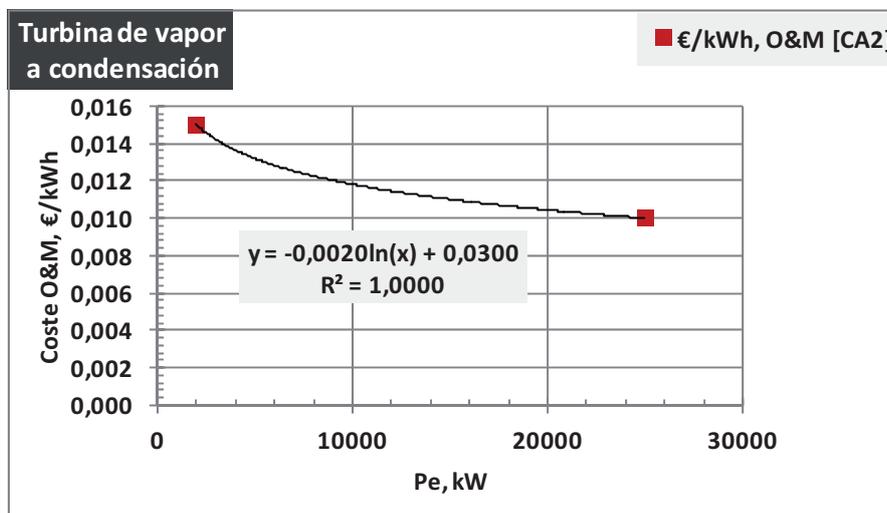


Figura 3-40. Costes de instalación y eficiencia en función de la potencia eléctrica instalada.

Aunque en esta tesis no se analizarán en detalle (para el estudio realizado en la Comunidad Valenciana) las aplicaciones de cogeneración basadas en turbina de vapor, se exponen a continuación algunos parámetros de interés sobre dichas aplicaciones para estudios de viabilidad:

- En el caso de aplicaciones de cogeneración las turbinas pueden ser de condensación con extracción de vapor, en estos casos la potencia térmica sería, aproximadamente, como 2 – 2.5 veces la potencia eléctrica.
- En aplicaciones de cogeneración con turbina de vapor a contrapresión la potencia térmica se estima como 4 – 6 veces la potencia eléctrica y el coste en €/kW es un 25 -30% inferior al de turbinas de condensación.

### PLANTA TIPO B3 / C3. PLANTA DE COMBUSTION CON CICLO ORC

El proceso de funcionamiento de una central ORC, se puede resumir de la siguiente forma:

- ♦ Los residuos, son quemados en el horno, generando gases calientes a más de 950 °C, que al pasar por la caldera, calientan el circuito de aceite térmico, hasta elevar la temperatura del fluido a 300 °C.
- ♦ El aceite térmico, calienta el circuito secundario, que contiene el fluido orgánico del ciclo ORC. Gracias a sus características especiales, el fluido de este Segundo circuito evapora, y acciona la turbina que unida a un generador produce la electricidad.
- ♦ Un condensador refrigerado por agua, devuelve al fluido del circuito secundario a su estado líquido, cerrándose así el ciclo, y volviendo al principio del sistema.
- ♦ El agua utilizada para refrigerar el condensador, dado su alto poder calorífico (65-95 °C), puede ser aprovechada en procesos industriales que requieran calor: secado, agua caliente sanitaria, calefacción o para generar frío mediante una máquina de absorción.

El proceso de funcionamiento descrito anteriormente corresponde al esquema mostrado en la Figura 3-41.

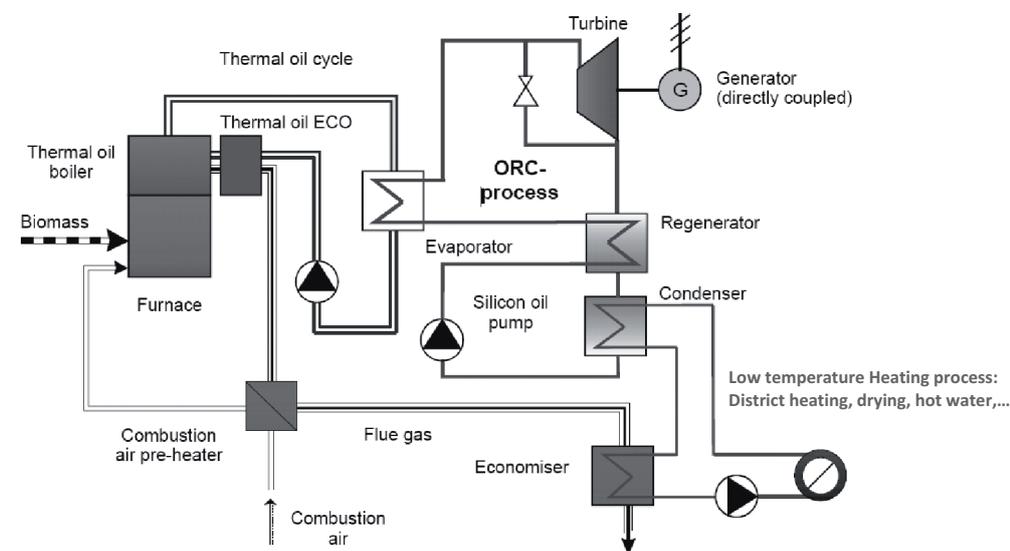


Figura 3-41. Esquema de funcionamiento del ciclo ORC.  
(Fuente: TURBODEN, <http://www.turboden.eu>)

Los costes de operación y mantenimiento se estima que estarán en el rango 0.01 – 0.015 €/kWh de electricidad producido. Normalmente se cumple que a mayor potencia el coste se acerca al mínimo del rango estimado.

- **B.3 - Caldera de fluido térmico + Turbina ORC (ciclo orgánico de rankine), 0.4 – 2 MW**

Las principales características técnicas (eficiencia eléctrica y térmica) y económicas (costes de la planta y costes de operación y mantenimiento) para los posteriores análisis de viabilidad técnico-económica se incluyen en las gráficas siguientes:

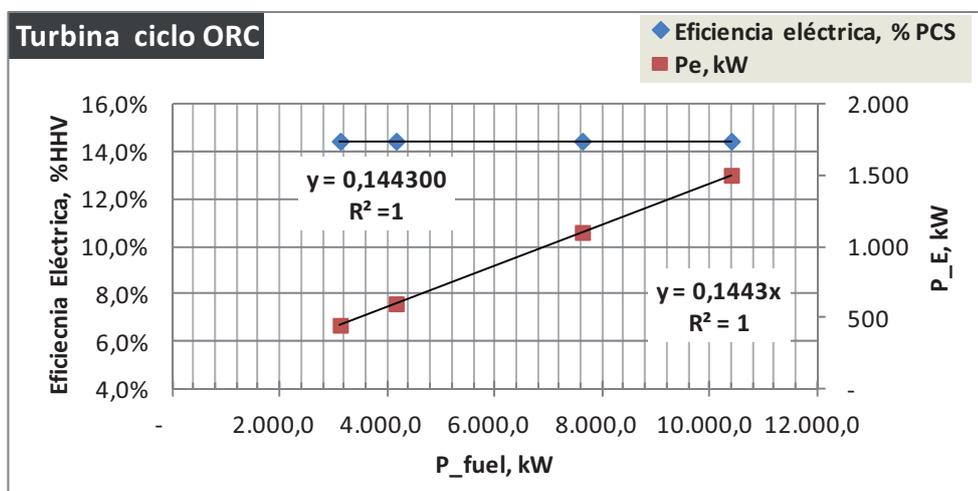


Figura 3-42. Potencia y eficiencia eléctrica en función de la potencia fuel.

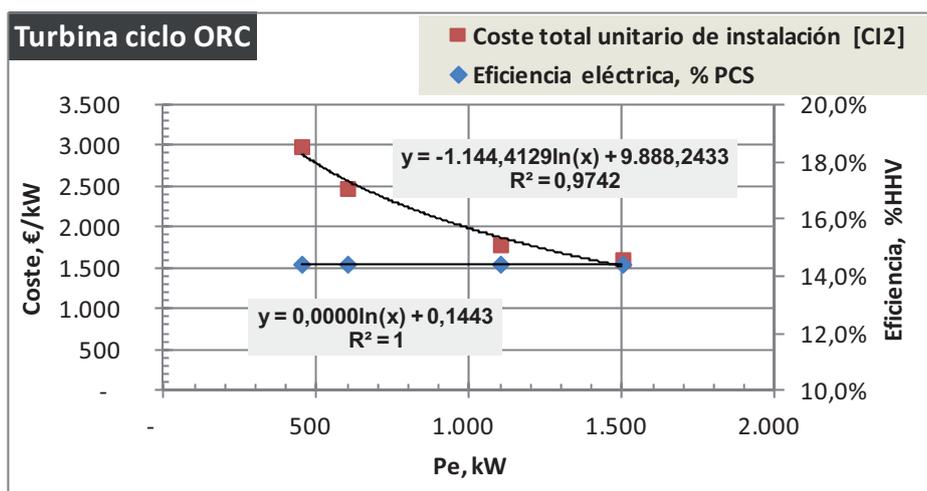


Figura 3-43. Costes de instalación y eficiencia en función de la potencia eléctrica instalada.

Respecto a la Figura 3-43, para estudios de viabilidad económica, se considerará que para aplicaciones de potencia eléctrica superior a 1,5 MW, es coste es de 1500 €/kW.

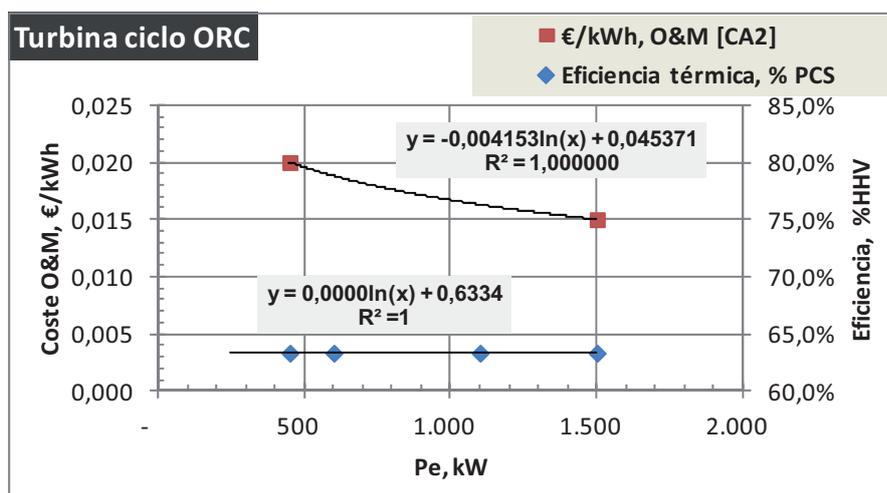


Figura 3-44. Costes de instalación y eficiencia en función de la potencia eléctrica instalada.

En aplicaciones de cogeneración la potencia térmica es sólo utilizable para producción de agua caliente sanitaria o calefacción, en el rango 70 – 90 °C.

Esta tecnología es bastante modular y permite alcanzar potencias eléctricas totales en el rango de 5 – 10 MW (valores observados en plantas reales en funcionamiento).

De manera similar a las calderas de vapor, las calderas de fluido térmico pueden soportar contenidos en ceniza del 15 – 20 %.

#### b) Restricciones técnicas y económicas de las plantas.

En la toma de decisiones acerca de qué tipo de planta es la mejor alternativa es necesario tener en cuenta algunas restricciones técnicas básicas, estas son suficientes para descartar algunas aplicaciones y están basadas en la calidad y propiedades de la biomasa que alimentará la planta en cuestión. En la Tabla 3-LIV se han incluido las restricciones técnicas consideradas, además se incluyen algunas consideraciones económicas relacionadas.

Tabla 3-LIV. Tipos de planta de aprovechamiento energético de biomasa y restricciones técnicas y económicas.

Planta	Restricciones técnicas
<p><b>Tipo A: Planta de pre-tratamiento</b> (Trituración, secado y peletización).</p> <p>Productos: biocombustibles sólidos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En estas aplicaciones el usuario final serán, principalmente, calderas, que pueden abarcar desde el sector doméstico hasta aplicaciones industriales. El contenido en ceniza debe ser bajo para un correcto funcionamiento de las calderas, se considerará la restricción de no superar el <u>5% de contenido en cenizas</u> promedio (en base seca.)</li> <li>- En el caso de producción de pellets se observa una fuerte economía de escala que obliga a tener una producción mínima de <u>10.000 – 20.000 t/año</u> de pellets (con 8-10% humedad).</li> </ul>
<p><b>Tipo B: Central térmica de generación de electricidad</b></p> <p>Productos: Electricidad.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>Ciclos de vapor (turbina a condensación).</u> La potencia mínima de estas centrales suele estar en torno a 1 – 2 MW y se aconseja un funcionamiento continuo (24 h día). Esto supone una disponibilidad de biomasa de más de 15.000 - 20.000 t/año. La viabilidad económica es todavía mayor y aconseja potencias superiores a los 5 MW (&gt;50.000 t biomasa / año). Estos sistemas pueden aceptar residuos con alto contenido en ceniza.</li> <li>- <u>Ciclos ORC (ciclos de Rankine orgánicos)</u> Esta tecnología se suele presentar en módulos de 0.5 a 2 MW pudiendo alcanzar potencias totales de 5 a 10 MW. La viabilidad económica aconseja potencias superiores a 1 MW (&gt;10.000 t biomasa /año) y puede soportar contenidos en ceniza elevados.</li> <li>- <u>Sistemas de gasificación acoplados a motor de combustión interna.</u> Esta tecnología presenta para potencias bajas (&lt; 1MW<sub>e</sub>) los reactores de lecho fijo y para potencias más elevadas (&gt; 0.5 MW<sub>e</sub>) los reactores de lecho fluidizado. En este tipo de aplicación se aconseja un contenido en ceniza inferior al 5%. En cuanto a la viabilidad económica, los gasificadores de lecho fijo suelen aconsejarse para potencias por encima de los 100 kW<sub>e</sub>. Los gasificadores de lecho fluidizado, aunque más eficientes, presentan mayor complejidad y costes y se aconsejan para potencias superiores a 1 – 2 MW<sub>e</sub>, siendo óptimos para potencias superiores a 3 – 4 MW<sub>e</sub>.</li> </ul>
<p><b>Tipo C: Central térmica de cogeneración con biomasa</b></p> <p>Productos: Electricidad y calor.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En estas aplicaciones las restricciones generales son las mismas que las consideradas en las plantas de tipo B. Se pueden realizar las siguientes consideraciones adicionales. <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Las necesidades térmicas del proceso marcarán la potencia térmica y eléctrica instalable.</li> <li>✓ Los ciclos de vapor con condensación-extracción pueden presentar una viabilidad económica aceptable para potencias menores, plantas de menor tamaño. Se requiere una ubicación con elevadas necesidades de vapor.</li> <li>✓ En los ciclos ORC la potencia térmica sólo es aprovechable para generación de agua caliente y calefacción</li> </ul> </li> </ul>

### 3.5.- Módulo de Demanda

La estimación de la demanda potencial local para aplicaciones térmicas o de cogeneración permitirá:

- ✓ Identificación de grandes consumidores como industrias o centrales térmicas que hiciesen recomendable la ubicación de la planta en el entorno de estos consumidores.
- ✓ Cuantificar el porcentaje de biomasa que podría autoconsumirse en el área de aportación de biomasa (p.e. análisis por comarcas).
- ✓ Considerando la demanda potencial de consumidores de biomasa se podrá estimar cuales son los productos energéticos más recomendables para el área analizada: Electricidad, calor o biocombustibles sólidos.

#### ➤ Influencia de la demanda potencial de biomasa en la zona de estudio.

La cantidad de demanda potencial y tipo (pequeño, mediano, gran consumidor) nos indicará la posibilidad de consumir los recursos de biomasa. Algunos criterios son:

- Elevada demanda potencial de consumidores grandes (industrias, hospitales, escuelas,..) hace factible una elevada producción de biocombustibles sólidos de baja o alta calidad.
- Baja Demanda potencial de consumidores pequeños y dispersos (por tanto con elevados costes de distribución) aconseja producir menos biocombustibles sólidos y de mayor calidad (instalaciones de combustión pequeñas). En estos casos la generación combinada de electricidad, calor y biocombustibles tiene un elevado potencial.
- Disponibilidad de grandes industrias como cementeras, textiles, papeleras y algunas agroalimentarias permitirían ubicar la central en o cerca de estas empresas para abastecer sus necesidades térmicas
- Baja demanda de cualquier tipo en un amplio radio de distribución implica maximizar la generación de electricidad como producto energético único.

La demanda térmica de la zona y los grandes consumidores debe indicar si conviene generar bio-combustibles, cogeneración o electricidad. Se supondrá un % de cobertura de la demanda o "cuota de mercado" del 20 - 30% del total potencial.

### **3.5.1.- Evaluación de la demanda potencial en la zona de estudio**

Los potenciales usuarios de biocombustibles sólidos como astillas o pellets son aquellos que tengan considerables necesidades térmicas de calefacción, agua caliente, vapor y otros procesos industriales como el secado.

En el proyecto “Pellets for Europe” (ALTENER 2002-012-137-160) se analizó el mercado potencial de consumidores de pellets de origen agrícola en los países del sur de Europa como España, Italia o Grecia. Este estudio concluyó que los consumidores más factibles son, en general, aquellos de gran tamaño como industrias, hospitales y escuelas. El rango de aplicaciones puede ampliarse a clientes de menor tamaño que utilizan calderas para satisfacer sus necesidades térmicas, ya que en la actualidad hay una notable oferta de calderas de biomasa para calefacción y agua caliente sanitaria con un alto nivel de automatización y adaptadas a trabajar con estos biocombustibles.

En la selección de los potenciales usuarios cabe también considerar la nueva normativa sobre instalaciones térmicas en la edificación (RITE) que obliga a cubrir un elevado porcentaje de las necesidades de agua caliente sanitaria (> 60 –70 %) mediante paneles solares térmicos u otras energías renovables. Aunque esta normativa se aplica a edificios de nueva construcción, en ella se han identificado tipos de consumidores que pueden tener altas necesidades de agua caliente sanitaria que, por supuesto, también puede cubrirse con calderas de biomasa.

En las instalaciones solares normalmente se requiere un combustible de apoyo, sobre todo para los meses de invierno, este hecho hace que la combinación solar-biomasa sea una alternativa válida para conseguir que las necesidades de agua calientes sean cubiertas al 100% con fuentes renovables y a un coste razonable.

En el sector residencial, aunque las aplicaciones son de pequeño tamaño, cabe resaltar el hecho de que por tradición ya se está empleando en algunos hogares (principalmente leña o cáscara de frutos secos en estufas y chimeneas). Este sector se ha incluido como potencial usuario aunque se ha realizado un fuerte filtrado, considerando sólo el porcentaje de viviendas que en la actualidad tienen calefacción centralizada individual o colectiva.

En el sector industrial los principales consumidores identificados son aquellos con elevadas necesidades de vapor o aceites térmicos que utilizan grandes calderas. Normalmente estos consumidores estarían dispuestos a consumir un combustible de menor calidad si el precio es adecuado, además, como las industrias presentan un elevado número de horas de operación al año los tiempos de retorno de la inversión para adaptar sus calderas suelen ser cortos. Las industrias con mayor potencial son las siguientes:

- Industria alimentaria. Normalmente con elevadas necesidades de agua caliente, vapor y aceites térmicos (industrias lácteas, productos cárnicos,...)

- Industria textil. Altas necesidades de vapor en los procesos de lavado y tinte.
- Industria química.
- Industria papelera. Altas necesidades de vapor en procesos de secado y preparación de la pulpa.
- Industrias de cerámica estructural (ladrillo y tejas). Necesidades de secado de la pieza antes del horneado, ya hay aplicaciones en la actualidad con orujillo de aceituna.
- Industrias cementeras. Son grandes consumidores de energía y puede utilizar cualquier tipo de combustible sólido. Por normativa deben cubrir un porcentaje de sus necesidades térmicas con biomasa (5% para el 2008 y 8% para el 2020).
- Centrales térmicas (principalmente co-combustión en centrales térmicas de carbón)

Los edificios públicos como escuelas, hospitales e instalaciones deportivas presenta unas elevadas necesidades de calefacción y agua caliente, además, la gestión centralizada de estas instalaciones puede hacer más sencilla una sustitución relativamente rápida de calderas de combustible fósil por otras de biomasa.

En España y en la Comunidad Valenciana hay una intensa actividad en el sector hotelero y normalmente son grandes consumidores de energía para climatización y agua caliente, además, puesto que también se están realizando grandes esfuerzos para fomentar la eficiencia y sostenibilidad en estos establecimientos, se han incluido como potenciales consumidores.

La estimación de la demanda potencial local para aplicaciones térmicas o de cogeneración requiere una segmentación por tipos de consumidores. Actualmente la metodología desarrollada considerará los siguientes segmentos de demanda:

- DEMANDA R → Sector residencial: domicilios de distinto tamaño, ocupación y clima
- DEMANDA S → Sector servicios: escuelas, hospitales, centros de salud y centros deportivos.
- DEMANDA H → Sector hostelería: Hoteles
- DEMAND I → Sector industrial: industrias de diferentes actividades (textiles, papeleras, agroalimentarias,...),
- DEMANDA C → Industrias cementeras y centrales de carbón (para aplicaciones de co-combustión)

a) Sector residencial – DEMANDA R

Par estimar la demanda de energía a nivel municipal de este sector se han utilizado estudios realizados por AVEN e IDAE en el sector de la edificación. El indicador usualmente utilizado es el tamaño de la vivienda y la intensidad energética depende en gran medida de la zona climática. Los datos extraídos de estos estudios se muestran en la Tabla 3-LV y Tabla 3-LVI.

Tabla 3-LV. Consumo específicos de energía para calefacción y agua caliente en el sector residencial.

Intensidad energética	Superficie media <sup>(1)</sup>	Consumo total	ACS	Calefacción
kWh/m <sup>2</sup> (calefacción + ACS)	m <sup>2</sup>	kWh/año	kWh/año	kWh/año
90	94	8460	1500	6960

(1) Valor medio para la Comunidad Valenciana.

Fuente: Institut Valencià d'Estadística (IVE). 'Censos de Población y Viviendas 2001'.

Tabla 3-LVI. Índices de corrección del consumo de energía en calefacción según la zona SCI (severidad climática en invierno) a la que pertenecen.

SCI - Severidad climática en invierno <sup>(2)</sup>	Índice corrección Calefacción	Calefacción kWh/año	ACS kWh/año	Total kWh/año
A	0,3	2088	1500	3588
B	0,45	3132	1500	4632
C	0,75	5220	1500	6720
D	1	6960	1500	8460
E	1,3	9048	1500	10548

(2) Cada comarca de la Comunidad Valenciana tiene asignado un valor de SCI que fija un índice de corrección para la demanda de calefacción según la zona climática a la que pertenece.

Fuente AVEN

En cada municipio se han considerado solo aquellas viviendas con calefacción centralizada, y dentro de este grupo se han descontado el 48% de viviendas por utilización de electricidad como fuente energética para calefacción (ver Tabla 3-LVII, viviendas con calefacción individual con electricidad), y del restante 52% se ha supuesto que sólo una quinta parte (20%) pasaría a consumir biomasa en un plazo de tiempo razonable ( $\approx 3 - 5$  años).

La consideración final es que del total de demanda energética del sector residencial sólo el 10,4% se considera como cuota de mercado a cubrir por la biomasa.

La estimación de la demanda energética del sector residencial se ha realizado a nivel de municipios y luego agregado a nivel comarcal.

Tabla 3-LVII. Viviendas principales según tipo de calefacción por combustible usado. Comunidad Valenciana

	TOTAL	Con calefacción colectiva	Con calefacción individual	Sin instalación pero con aparatos que permiten calentar alguna habitación	Sin ningún medio
<b>TOTAL</b>	1492744	23162	335485	974933	159164
<b>Gas</b>	430471	9284	117789	303398	0
<b>Electricidad</b>	768065	5600	165254	597211	0
<b>Petróleo o derivados</b>	51212	7163	38145	5904	0
<b>Madera</b>	2763	129	830	1804	0
<b>Carbón o derivados</b>	78326	676	12580	65070	0
<b>Otros</b>	2743	310	887	1546	0
<b>No es aplicable</b>	159164	0	0	0	159164

Fuente: INE, Censos de Población y Viviendas 2001. Resultados definitivos.

#### b) Sector servicios públicos – DEMANDA S

Se han incluido en este grupo los hospitales, centros de salud, centros educativos y centros polideportivos. La estimación de consumo se ha realizado en base a los consumos específicos observados en la bibliografía y basados en la experiencia de proyectos anteriores. La principal fuente ha sido el documento: "Estrategia de ahorro y eficiencia Energética en España 2004 – 2012. Sector edificación". 5 de Noviembre de 2003, Ministerio de Economía.

El indicador indirecto (superficie en m<sup>2</sup>, alumnos, nº de camas,...) utilizado en cada caso para estimar el consumo de energía está incluido en cada tabla, en el apartado "Consumos específicos totales".

La estimación de la demanda energética del sector servicios públicos se ha realizado a nivel de municipios y luego agregado a nivel comarcal.

En la Tabla 3-LVIII se incluyen las principales características y perfil energético de los hospitales. El indicador estadístico utilizado para estimar los consumos de los diferentes centros ha sido el número de camas.

Tabla 3-LVIII. Distribución de la energía por usos, consumos específicos y tipos de energía consumida en hospitales

<b>Hospitales-Distribución de la Energía por Usos</b>	
<b>Uso (%)</b>	<b>Media</b>
<b>Calefacción</b>	<b>21%</b>
<b>Refrigeración</b>	15%
<b>A.c.s.</b>	<b>17%</b>
<b>Iluminación</b>	9%
<b>Otros</b>	38%
<b>Total</b>	100%
<b>Hospitales-Consumos Específicos Totales</b>	
<b>kWh/cama</b>	29199
<b>kWh/m<sup>2</sup></b>	251
<b>Hospitales-Distribución por Tipo de Energía Consumida</b>	
<b>Electricidad</b>	50%
<b>Combustibles</b>	50%

El listado de hospitales, municipio de ubicación y número de camas se ha obtenido de la Consejería de Sanidad de la Generalitat Valenciana ([www.gva.es](http://www.gva.es)).

En la Tabla 3-LIX se incluyen las principales características y perfil energético de los centros de salud. El indicador estadístico utilizado para estimar los consumos de los diferentes centros ha sido la superficie total. Esta superficie se ha calculado en base a la población atendida por el centro (población del municipio en el que está ubicado) y características de diseño de proyectos de centros de salud (varios ejemplos representados en la Tabla 3-LX. En estos proyectos se puede observar la relación entre superficie total y población atendida. Esta relación suele estar en el rango 0,09 – 0,18 m<sup>2</sup>/hab, para este estudio se utilizará el valor 0,14 m<sup>2</sup>/hab. Par completar la estimación de la demanda energética en centros de salud se utilizó el listado oficial de Centros de Salud de la Comunidad Valenciana para determinara la existencia, o no, de estos centros en cada municipio (Fuente: Consejería de Sanidad de la Generalitat Valenciana).

La estimación de distribución de uso final de la energía y consumo específico se ha obtenido considerando el consumo específico de hospitales por unidad de superficie multiplicado por 2/3 y el consumo de agua caliente se ha considerado inferior (un 5% en lugar del 17% típico de hospitales, para tener en consideración que en el periodo nocturno el consumo es mucho menor y que las necesidades de

agua caliente son muy inferiores (los pacientes no pernoctan en el edificio, son visitas de corta duración).

Tabla 3-LIX. Distribución de la energía por usos, consumos específicos y tipos de energía consumida en Centros de salud

<b>Centros de salud-Distribución de la Energía por Usos</b>	
<b>Uso (%)</b>	<b>Media</b>
<b>Calefacción</b>	24%
<b>Refrigeración</b>	17%
<b>A.c.s.</b>	5%
<b>Iluminación</b>	11%
<b>Otros</b>	43%
<b>Total</b>	100%
<b>Centros de salud-Consumos Específicos Totales</b>	
<b>kWh/m<sup>2</sup></b>	220
<b>Centros de salud-Distribución por Tipo de Energía Consumida</b>	
<b>Electricidad</b>	50-55%
<b>Combustibles</b>	45-50%

Tabla 3-LX. Relación entre superficie de centros de salud y población atendida

<b>Población</b>	<b>Superficie</b>	<b>Ratio m<sup>2</sup>/hab.</b>
22000	4200	0,19
27000	2160	0,08
20300	1510	0,07
41000	2520	0,06
17000	1940	0,11
3871	502	0,13
25000	4000	0,16
4600	861	0,19
22068	3350	0,15
16420	3079	0,19
22000	3050	0,14

En la Tabla 3-LXI se incluyen las principales características y perfil energético de los centros destinados a docencia como escuelas. El indicador estadístico utilizado

para estimar los consumos de los diferentes centros ha sido el número de alumnos. El número de centros educativos y alumnos por municipio se han obtenido del Instituto Valenciano de estadística para el curso 2000 – 2001 (IVE. Tablas estadísticas municipales y comarcales. Educación. Alumnos por nivel de estudios, curso 00-01). La demanda se ha agregado a nivel comarcal.

Tabla 3-LXI. Distribución de la energía por usos, consumos específicos y tipos de energía consumida en edificios destinados a docencia.

<b>Edificios destinados a Docencia-Distribución de la Energía por Uso</b>	
<b>Uso (%)</b>	<b>Media</b>
<b>Calefacción</b>	<b>60%</b>
<b>Refrigeración</b>	5%
<b>A.c.s.</b>	<b>3%</b>
<b>Iluminación</b>	17%
<b>Otros</b>	15%
<b>Total</b>	100%
<b>Edificios destinados a Docencia-Consumos Específicos Totales</b>	
<b>kWh / alumno</b>	406
<b>Edificios destinados a Docencia-Distribución por Tipo de Energía Consumida</b>	
<b>Electricidad</b>	45%
<b>Combustibles</b>	55%

En la Tabla 3-LXII se incluyen las principales características y perfil energético de los centros polideportivos. Los consumos pueden ser muy distintos cuando el centro incluye una piscina climatizada, por ellos se ha estimado el consumo en base al número de usuarios (ACS en duchas) y se ha incluido el consumo anual par una piscina cubierta estándar (12.5 x 25 m), El número de usuarios frecuentes (2 veces por semana) se ha estimado como el 5% de la población total de cada municipio, valores en el rango de 4 a 6% se han observado según estadísticas del ayuntamiento de Zaragoza. La estadística sobre disponibilidad de piscina climatizada para cada municipio no se ha podido obtener pero para un listado de poblaciones (en las comarcas de la Ribera Alta y Ribera Baja), se comparó la población total con la presencia de piscina cubierta y se llegó a la conclusión de que los municipios con más de 10000 habitantes suelen disponer de piscina cubierta. La demanda se ha agregado a nivel comarcal.

Tabla 3-LXII. Distribución de la energía por usos, consumos específicos y tipos de energía consumida en centros polideportivos

<b>Centros polideportivos-Distribución de la Energía por Uso</b>	
<b>Uso (%)</b>	<b>Media</b>
<b>Calefacción + ACS</b>	<b>60 - 75%</b>
<b>Refrigeración</b>	5 – 10%
<b>Iluminación</b>	10 – 20%
<b>Otros</b>	10 – 15%
<b>Total</b>	100%
<b>Centros polideportivos -Consumos Específicos Totales</b>	
<b>kWh ACS / usuario (20 – 25 l)</b>	1.5
<b>kWh combustible /Piscina climatizada año (Standard 12.5 x 25 m)</b>	600000
<b>Centros polideportivos -Distribución por Tipo de Energía Consumida</b>	
<b>Electricidad</b>	20 - 40%
<b>Combustibles</b>	60 -80%

c) Sector hotelero

El sector hotelero es muy importante en la Comunidad Valenciana debido y presenta elevados consumos de calefacción, agua caliente y refrigeración. Se han realizado a nivel regional estudios encaminados a incrementar la eficiencia energética y aprovechamiento de fuentes renovables en estos establecimientos. En línea con estos objetivos, y teniendo en cuenta su perfil de necesidades energéticas, se han considerado en la demanda potencial de biomasa.

En estudios sobre eficiencia energética realizados por el ministerio de economía en el sector edificación se obtuvo el perfil energético de hoteles como muestra la Tabla 3-LXIII.

Tabla 3-LXIII. Distribución de la energía por usos, consumos específicos y tipos de energía consumida en hoteles

Hoteles-Distribución de la Energía por Uso	
Uso (%)	Media
Calefacción	19%
Refrigeración	10%
A.c.s.	30%
Iluminación	11%
Otros	29%
<b>Total</b>	<b>100%</b>
Hoteles-Consumos Específicos Totales	
kWh / estancia (*)	19
Hoteles-Distribución por Tipo de Energía Consumida	
Electricidad	45 - 50%
Combustibles	50 - 55%

(\*) Estancia de una persona 1 día. Suponiendo un 60% - 70% de ocupación y que el consumo es prácticamente el mismo si la ocupación es doble o individual, supondría un consumo anual de 4160 – 4855 kWh/año·hab

En el estudio realizado en la Comunidad Valenciana, “**Guía de Ahorro y Eficiencia Energética en Establecimientos Hoteleros de la Comunidad Valenciana**” (AVEN Agencia Valenciana de la Energía, 2003) se distinguieron dos tipos de hoteles, los de interior / urbanos y los de litoral. Las características de cada uno se incluyen en la Tabla 3-LXIV.

Tabla 3-LXIV. Consumo específico y uso final de la energía en hoteles de litoral e interior.

TIPO DE HOTEL	OCUPACIÓN	CONSUMO	USO FINAL ENERGÍA		CONSUMO ACS + calefacción
	%	kWh/año·habitac. (habitac. ocupada)	% ACS	% Calefacción	kWh/año·habitación (1)
HOTEL LITORAL	60%	4100	25%	20%	1107
HOTEL URBANO INTERIOR	70%	4500	30%	15%	1418

(1) Se ha considerado que la mayoría de habitaciones son dobles, el número de habitaciones es igual al número de plazas (valor disponibles en estadísticas del Instituto Valenciano de Estadística, IVE) dividido por 2.

El número de hoteles y habitaciones, para cada municipio se han obtenido del Instituto Valenciano de Estadística para el año 2002 (IVE. Tablas estadísticas municipales y comarcales. Turismo. Hoteles y hostales 1998 – 2002). La demanda se ha agregado a nivel comarcal.

d) Sector industrial – DEMANDA I, DEMANDA COGEN, DEMANDA C.

Se han incluido en este grupo todas las industrias que habitualmente tienen procesos de baja temperatura (agua caliente, vapor, aceites térmicos, secaderos) y en los que la utilización de biocombustibles y la cogeneración es, a priori, factible.

La estimación de consumo se ha realizado en base a los consumos específicos obtenidos mediante estadísticas nacionales de consumos energéticos por sectores de actividad. Los indicadores indirectos utilizados han sido la facturación y el número de empleados. Los consumos específicos en términos de GWh/M€ (RT1, ratio GWh de combustible por M€ de facturación) y GWh/empleador (RT2, ratio GWh de combustible por empleado) se calcularon para el año 2003 relacionando el consumo total de combustibles con la facturación total y número total empleados de cada sector de actividad, los resultados se resumen en la Tabla 3-LXV. Aunque no se han utilizado en este estudio, también se incluyen los ratios referidos a consumo de electricidad.

La distribución del consumo de energía por procesos no está disponible así que, salvo indicaciones, específicas, se ha considerado que el 75% del uso de combustibles corresponde a procesos térmicos en los que la utilización de biomasa por vía térmica o cogeneración es factible. La fuente de información y tablas estadísticas concretas utilizadas para el estudio son las siguientes:

Fuente: Instituto Nacional de Estadística

- (1) INEBASE. Encuesta de consumos energéticos 2003.
  - Consumos energéticos por sectores de actividad y producto consumido.
- (2) INEBASE. Encuesta Industrial de Empresas (EIAE) 2004.
  - Resultados nacionales. Resultados por principales variables económicas y sector de actividad.

La estimación de la demanda energética del sector industrial se ha realizado a nivel de municipios y luego agregado a nivel comarcal. Se han caracterizado todas las industrias pertenecientes a los sectores de actividad de la Tabla 3-LXV en cuanto a facturación, número de empleados y municipio al que pertenecen. La fuente de información utilizada ha sido la “Guía Ardan de las 12500 mayores empresas de la Comunidad Valenciana” del 2004.

Tabla 3-LXV. Consumos específicos industriales por sectores de actividad. Ratios de consumo anual por unidad de facturación (M€) y número de empleados.

SECTOR DE ACTIVIDAD CNAE	CONSUMO ANUAL				Factor de corrección térmico
	RATIO CONSUMO TÉRMICO (RT), combustible		RATIO CONSUMO ELECTRICIDAD (RE)		
	RT1 GWh /M€	RT2 GWh /empleado	RE1 GWh /M€	RE2 GWh /empleado	
CNAE 151. Industria cárnica	0,131	0,027	0,071	0,014	0,75
CNAE 152. Elaboración y conservación de pescados y productos a base de pescado	0,133	0,023	0,065	0,011	0,75
CNAE 153. Preparación y conservación de frutas y hortalizas	0,217	0,040	0,079	0,014	0,75
CNAE 154. Fabricación de grasas y aceites (vegetales y animales)	0,133	0,086	0,033	0,021	0,75
CNAE 155. Industrias lácteas	0,199	0,064	0,073	0,024	0,75
CNAE 156. Molinería, almidones y productos amiláceos	0,274	0,115	0,075	0,032	0,75
CNAE 157. Productos para la alimentación animal	0,164	0,096	0,047	0,028	0,75
CNAE 1581, 1582. Pan, galletas y productos de panadería y pastelería	0,205	0,015	0,099	0,007	0,75
CNAE 1583, 1584. Industria del azúcar, cacao y chocolate.	0,605	0,109	0,071	0,013	0,75
CNAE 1585, 1586, 1587, 1588, 1589. Otros productos alimenticios diversos	0,191	0,037	0,061	0,012	0,75
CNAE 1598. Producción de aguas minerales y bebidas analcohólicas	0,083	0,031	0,076	0,028	0,75

Tabla 3 LXV. Consumos específicos industriales por sectores de actividad. Ratios de consumo anual por unidad de facturación (M€) y número de empleados (CONTINUACIÓN).

SECTOR DE ACTIVIDAD CNAE	CONSUMO ANUAL				Factor de corrección térmico
	RATIO CONSUMO TÉRMICO (RT), combustible		RATIO CONSUMO ELECTRICIDAD (RE)		
	RT1 GWh /M€	RT2 GWh /empleado	RE1 GWh /M€	RE2 GWh /empleado	
CNAE 173. Acabado de textiles	1,443	0,121	0,259	0,022	0,75
CNAE 174. Otros artículos confeccionados con textiles, excepto prendas de vestir	0,098	0,008	0,068	0,005	0,75
CNAE 202. Fabricación de chapas, tableros y paneles de madera	0,603	0,115	0,194	0,037	0,75
CNAE 204. Fabricación de envases y embalajes de madera	0,114	0,013	0,038	0,004	0,75
CNAE 211. Fabricación de pasta papelera, papel y cartón	1,693	0,476	0,287	0,081	0,75
CNAE 241. Fabricación de productos químicos básicos	0,683	0,329	0,195	0,094	0,75
CNAE 243. Pinturas, barnices, tintas de imprenta y masillas	0,552	0,115	0,065	0,014	0,75
CNAE 246. Fabricación de otros productos químicos	0,480	0,116	0,067	0,016	0,75
CNAE 247. Fabricación de fibras artificiales y sintéticas	0,640	0,149	0,192	0,045	0,75
CNAE 263, 264. Ladrillos, tejas y productos de tierras cocidas para la construcción ( No azulejos)	0,352	0,047	0,113	0,015	0,33

En una primera aproximación se cuantifica la demanda energética de las industrias correspondientes a los sectores seleccionados, es lo que se llamara demanda industrial (DEMANDA I), dentro de esta demanda industrial se distinguirán aquellas industrias de gran tamaño en las que se estima que las necesidades térmicas suponen más de 1 MW térmico considerando 5000 horas de operación por año. Estas industrias de gran tamaño son potenciales ubicaciones donde es posible instalar un sistema de cogeneración (DEMANDA COGEN).

#### DEMANDA C (co-combustión): Industrias cementeras

Se han realizado consideraciones específicas para las industrias cementeras (DEMANDA C) de la Comunidad Valenciana por ser los principales focos emisores de CO<sub>2</sub> del sector industrial. En la fabricación de cementos se estima que se producen 0.8 – 0.9 t de CO<sub>2</sub> por tonelada de cemento reducida. El proceso productivo del cemento presenta un elevado factor de emisión de CO<sub>2</sub>, 0.54 t de CO<sub>2</sub> por t de cemento clinker, debido a la descarbonatación de las materias primas y, adicionalmente, se generan 0.3 – 0.4 t de CO<sub>2</sub> por tonelada de cemento producida debido a las necesidades térmicas del proceso. Según el registro estatal de emisiones y fuentes contaminantes (EPER – España) las 4 grandes cementeras de la comunidad emiten un total de 3 – 3.2 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> por año, esta cantidad de CO<sub>2</sub> equivale al 13.1% del total de emisiones generadas por el consumo de combustibles en la Comunidad Valenciana.

Las industrias cementeras presentan una elevada flexibilidad y robustez para la utilización de combustibles heterogéneos o de baja calidad. En el año 2000 el 13% de las necesidades energéticas de las industrias cementeras de la comunidad Europea fueron combustibles alternativos (neumáticos, restos de madera, harinas cárnicas,...), pero en España la contribución de los combustibles alternativos apenas superó el 1%. En la actualidad hay industrias cementeras que han sustituido del 5 al 20 % de sus necesidades de combustible con biomasa sin problemas, y entre los objetivos ambientales planteados por multinacionales como CEMEX consta la sustitución de combustibles fósiles por biomasa en un 5 -10% a corto/medio plazo (antes de 2020).

Se ha planteado la posibilidad de utilización de biomasa como combustible para cubrir un 10 y un 20% de las necesidades térmicas y se ha cuantificado que cantidad de biomasa correspondería a esas sustituciones (ver Tabla 3-LXVI).

Tabla 3-LXVI. Características de las principales empresas cementeras de la Comunidad Valenciana. (Fuente: EPER, Registro estatal de emisiones y fuentes contaminantes, 2007)

Nombre complejo	FÁBRICA DE CEMENTO LAFARGE ASLAND S.A. SAGUNTO	FABRICA DE CEMENTO DE BUÑOL	FÁBRICA DE SAN VICENTE	FABRICA DE SAN VICENTE (CEMENTO BLANCO)
Empresa Matriz	LAFARGE ASLAND S.A.	CEMEX ESPAÑA	CEMEX ESPAÑA	CEMEX ESPAÑA
Dirección	CALLE ISAAC NEWTON, s/n	CARRETERA MADRID-VALENCIA, km 307	PARTIDA FONT CALENT, s/n	CALLE INMEDIACIONES, s/n
Código Postal	E - 46500	E - 46360	E - 03313	E - 03690
Provincia	Valencia	Valencia	Alicante	Alicante
Población	SAGUNTO	BUÑOL	SAN VICENTE DEL RASPEIG	SAN VICENTE DEL RASPEIG
Sistema de coordenadas Geográficas	WGS84	WGS84	WGS84	WGS84
Longitud	-0.245248	-0.776613	-0.541845	-0.541765
Latitud	39.666.317	39.437.751	38.378.607	38.379.272
CNAE	2651	2851	2651	2651
Actividad económica principal	Fabricación de clínker y cemento			
PRODUCCIÓN (t/a)	1.084.706	1.035.294	984.706	437.647
CONSUMO COMBUSTIBLE, MJ	4.230.352.941	4.037.647.059	3.840.352.941	1.706.823.529
POTENCIAL CONSUMO BIOMASA (t/año, 11 MJ/kg)	38.500	36.700	34.900	15.500
10% sustitución				
20% sustitución	77.000	73.400	69.800	31.000
<b>Emisiones al aire - Emisiones CO<sub>2</sub></b>				
Año	Cantidad (t/año)	Cantidad (t/año)	Cantidad (t/año)	Cantidad (t/año)
2001	922.000	880.000	837.000	372.000
2004	976.000	855.000	927.000	

Se ha considerado que las necesidades térmicas de proceso son aproximadamente 3900 MJ por tonelada de cemento producido.

### DEMANDA C (co-combustión): Centrales térmicas de carbón

La co-combustión presenta algunas ventajas frente a una central que utilice biomasa exclusivamente, y que pueden acelerar la penetración de esta energía renovable hasta los niveles esperados. Entre estas ventajas, cabe destacar:

- Menor inversión específica al utilizarse sistemas ya existentes en la planta de carbón.
- Mayor eficiencia eléctrica y menores costes de operación por kWh producido debido al mayor tamaño de la planta.
- Mayor flexibilidad de operación (Solo carbón o mezcla de biomasa – carbón según disponibilidad de biomasa).

La co-combustión consiste en sustituir en una planta, normalmente ya existente, un porcentaje del combustible fósil habitual. El rango de sustitución por biomasa suele estar entre el 2 y el 20 % en términos de energía.

El Plan de Energías Renovables (2005 – 2010) apostó firmemente por esta opción para la biomasa. De los 1.695 MW fijados como crecimiento para el periodo 2005-2010 en el apartado relativo a la producción de energía eléctrica a partir de biomasa, 722 MW debían ser utilizados en la co-combustión en centrales térmicas de carbón. En España el parque de centrales de carbón está formado por un total de 19 centrales, que en conjunto suponen 11.565 MW de potencia instalada Figura 3-45.



Figura 3-45. Centrales térmicas de Carbón en España (ubicación).

Aunque se han realizado pruebas en diversas centrales de carbón del país, la realidad es que aún no se está explotando esta tecnología en ninguna central a nivel comercial [3.37]. Esto muestra que existe un enorme potencial para la implantación de la tecnología en España y que puede ayudar a incrementar la contribución energética de la biomasa. En la Tabla 3-LXVII e han listado las centrales térmicas de carbón y la potencia instalable en concepto de co-combustión (considerando un 10% de sustitución del combustible).

Tabla 3-LXVII. Potencia de las centrales térmica de carbón en España y potencial de co-combustión con biomasa (PER 2005-2010)

Nombre	Empresa propietaria	Municipio	Provincia	Tipo de central	Potencia (MW)	Potencia biomasa (MW)
Puente	Viesgo Generación	Espiel	Córdoba	Hulla antracita	324	32,4
Litoral	Endesa Generación	Carboneras	Almena	Carbón importado	1.159	115,0
Los Barrios	Endesa Generación	Los Barrios	Cádiz	Carbón importado	568	56,0
<b>Subtotal Andalucía</b>					<b>2.051</b>	<b>203,4</b>
Escatrón	Viesgo Generación	Escatrón	Zaragoza	Lignito negro	80	8,0
Escucha	Viesgo Generación	Escucha	Teruel	Lignito negro	160	16,0
Teruel	Endesa Generación	Andorra	Teruel	Lignito negro	1.102	110,2
<b>Subtotal Aragón</b>					<b>1.342</b>	<b>134,2</b>
Abono	Hidrocantábrico	Gijón	Asturias	Hulla antracita	916	91,6
Lada	Iberdrola Generación	LaFelguera	Asturias	Hulla antracita	513	51,3
Narcea	Unión Fenosa Generación	Tineo	Asturias	Hulla antracita	595	59,5
Soto de Ribera	Hidrocantábrico	Ribera de Arriba	Asturias	Hulla antracita	671	67,1
<b>Subtotal Asturias</b>					<b>2.695</b>	<b>269,5</b>
Puertollano	Viesgo Generación	Puertollano	Ciudad Real	Hulla antracita	221	22,1
<b>Subtotal Castilla-La Mancha</b>					<b>221</b>	<b>22,1</b>
Añilares	Unión Fenosa (66%)/Endesa	Páramo del	León	Hulla antracita	365	36,5
Compostilla	Endesa Generación	Cubillos del	León	Hulla antracita	1.312	131,2
Guardo	Iberdrola Generación	Vetilla del	Patencia	Hulla antracita	516	51,6
La Robla	Unión Fenosa Generación	La Robla	León	Hulla antracita	655	65,5
<b>Subtotal Castilla y León</b>					<b>2.848</b>	<b>284,8</b>
Serchs	Viesgo Generación	Cercs	Barcelona	Lignito negro	160	16,0
<b>Subtotal Cataluña</b>					<b>160</b>	<b>16,0</b>
Meirama	Unión Fenosa Generación	Ordes	La Coruña	Lignito pardo	563	56,3
Puentes	Endesa Generación	As Pontes	La Coruña	Lignito pardo	1.468	146,8
<b>Subtotal Galicia</b>					<b>2.031</b>	<b>203,1</b>
Pasajes	Iberdrola Generación	Pasajes de San Juan	Guipuzcoa	Carbón importado	217	21,7
<b>Subtotal País Vasco</b>					<b>217</b>	<b>21,7</b>
<b>Total España</b>					<b>11.565</b>	<b>1.154,8</b>

En la tabla anterior se observa que las potencias instalables alimentadas con biomasa están en el rango 8 -131 MW, son por tanto, plantas de gran tamaño con capacidad para absorber, en la mayoría de los casos, esto supondría necesidades de biomasa de 100.000 – 1.000.000 t/año de biomasa.

### **3.5.2.- Evaluación aproximada de la demanda potencial.**

La metodología expuesta en el punto anterior se aplicó en los proyectos BIOVAL [3.32] y BIODER [3.33]. La estimación de la demanda potencial local para aplicaciones térmicas o de cogeneración sigue la segmentación estructurada según la metodología desarrollada y considera, por tanto, los siguientes segmentos de demanda:

- DEMANDA R → Sector residencial: domicilios de distinto tamaño, ocupación y clima
- DEMANDA S → Sector servicios: escuelas, hospitales, centros de salud y centros deportivos.
- DEMANDA H → Sector hostelería: Hoteles
- DEMANDA I → Sector industrial: industrias de diferentes actividades (textiles, papeleras, agroalimentarias,...),
- DEMANDA C → Industrias cementeras y centrales de carbón (para aplicaciones de co-combustión)

Para establecer un método aproximado de estimación de la demanda válido para cualquier ámbito geográfico y, sobretodo, enfocado a estudios preliminares o de enfoque generalista (planificación energética, legislación,...) se ha evaluado la demanda de los distintos sectores en el ámbito de la Comunidad Valenciana, puesto que se dispone de gran cantidad de datos procedentes del Instituto Valenciano de Estadística y de la Guía ARDAN de las 12500 mayores empresas de la Comunidad Valenciana, y se ha intentado correlacionar la demanda con indicadores disponibles para cualquier ámbito geográfico (en el cual puede que no se tengan datos detallados), se ha concluido que:

- La demanda R, S y H puede relacionarse indirectamente con la población
- La demanda I está menos ligada con la población y la correlación presenta menor precisión que la anterior, aunque como criterio general ha resultado, con diferencia, el mejor indicador de los testeados a nivel municipal y comarcal (se ha probado con superficie total de la zona en cuestión, nº de locales industriales y agrarios, densidad de población y mixtos). En este caso la utilización de la población puede inducir a errores considerables para poblaciones inferiores a los 100.000 habitantes, aunque normalmente el error suele ser a la baja, es decir, subestima la demanda disponible.
- La demanda C se estima utilizando datos del EPER (Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes). Esta información está muy disponible para cualquier ámbito geográfico y no requiere, por tanto, aproximaciones.

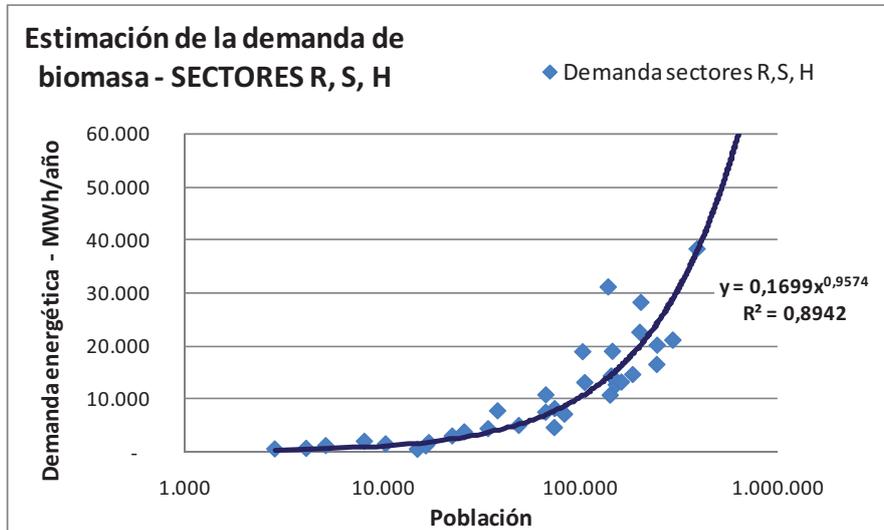


Figura 3-46. Demanda energética (MWh/año) en los sectores R,S,H en función de la población (habitantes)

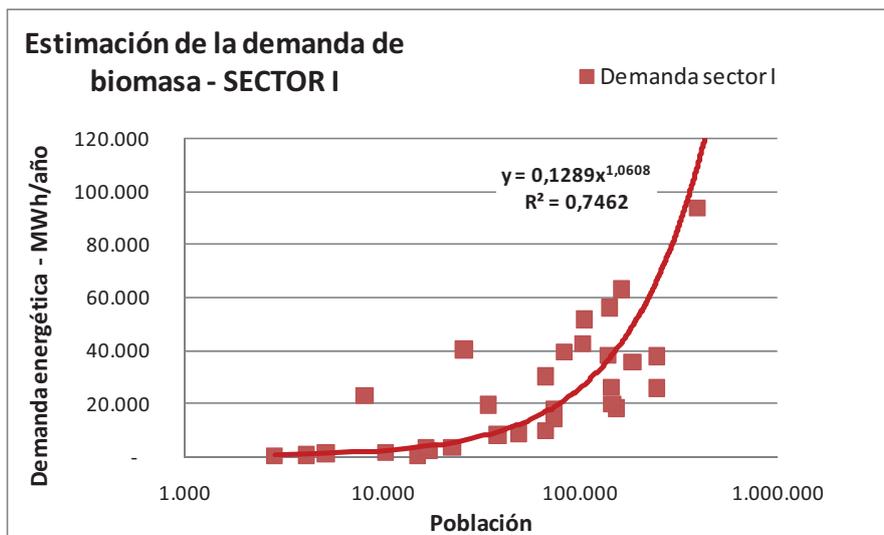


Figura 3-47. Demanda energética (MWh/año) en el sector I en función de la población (habitantes)

### 3.6.- Módulo de Emisiones e impacto ambiental

En este modulo se calculan las emisiones debidas a la utilización de combustibles fósiles para generación térmica y eléctrica. Estas emisiones de referencia permitirán estimar los ahorros de CO<sub>2</sub> debidos a la sustitución de fuentes fósiles por renovables y, en concreto, para la utilización de la biomasa.

Las emisiones asignadas a combustibles de automoción y electricidad serán de vital importancia para la evaluación de las emisiones asociadas al aprovechamiento energético de biomasa en las etapas de recogida, acondicionamiento (trituración, embalado,...), transporte y transformación (peletizado, secado, ...).

Las emisiones de CO<sub>2</sub> se han tomado de la directiva europea IPPC<sup>18</sup> y otras fuentes (AVEN, IDAE, ...), la Tabla 3-LXVIII resume los valores adoptados.

Tabla 3-LXVIII. Factores de emisión CO<sub>2</sub> de algunas Fuentes y vectores energéticos.

Combustible, Calor o electricidad	Factor de emisión	
	Código	kgCO <sub>2</sub> /kWh (HHV)
Electricidad – NG (planta de ciclo combinado, 55% eficiencia)	CO2E01	0,33
Electricidad - Gasóleo (Central térmica 38% eficiencia)	CO2E02	0,68
Electricidad - Carbón (Central térmica 38% eficiencia)	CO2E03	0,87
Electricidad – Mix europeo de centrales eléctricas <sup>a</sup> (40% carbón, 30% gas, 30% non fósil)	CO2E04	0,43
Electricidad – Mix Español 2011 <sup>b</sup>	CO2E05	0,26
NG - combustible	CO2F01	0,18
Gasóleo – combustible <sup>c</sup>	CO2F02	0,26
Carbón - combustible	CO2F03	0,33
Mix de combustible para aplicaciones térmicas <sup>d</sup> (50% gas, 40% gasóleo, 10% carbón)	CO2TH01	0,23

<sup>a</sup> Pérdidas debidas a la distribución de la electricidad no están incluidas.

<sup>b</sup> Promedio del periodo 2009-2010 (Fuente: IEA STATISTICS, 2012).

<sup>c</sup> El factor de emisión del gasóleo puede expresarse como 2.8 kgCO<sub>2</sub>/l.

<sup>d</sup> Para evaluar el ahorro de emisiones de CO<sub>2</sub> debido a la potencia térmica aprovechada en instalaciones de cogeneración se ha incluido la eficiencia térmica de calderas u otros sistemas térmicos (≈ 80%HHV). Las unidades de energía están referidas a kWh de energía térmica neta ó útil.

La gestión logística de la biomasa (carga/descarga, compactación y transporte) lleva asociadas emisiones de CO<sub>2</sub> debidas al consumo de combustible. En función de las consideraciones realizadas en el módulo logístico (Punto 3.3) para obtener los costes económicos del transporte y, en concreto aquellos costes derivados del consumo de combustible, se han estimado los consumos de combustible en dicha gestión logística. Se han obtenido, de manera paralela a las funciones de costes, funciones de emisiones de CO<sub>2</sub> específicas (E<sub>1,unitario</sub>) para las estructuras logísticas OP1, OP2, OP3 y OP4. Dichas funciones se incluyen en la Tabla 3-LXIX.

<sup>18</sup> Council Directive 96/61/EC of 24 September 1996 concerning integrated pollution prevention and control. Oficial. Journal L 257 , 10/10/1996 P. 0026 – 0040

Tabla 3-LXIX. Funciones de emisión de CO<sub>2</sub>.

Estructura logística	Función de emisiones <sup>a, b</sup> [E <sub>1.unitario</sub> , kg_CO2·t <sup>-1</sup> ]
OP1 y OP3: transporte con previo empacado	$E_{1.unitario} = 11,116 + 0,245 \cdot \frac{DTR}{NV}$
OP2 y O43: transporte sin empacado	$E_{1.unitario} = 11,42 + 0,78 \cdot \frac{DTR}{NV}$

<sup>a</sup> La función incluye las emisiones de CO<sub>2</sub> debidas a carga y descarga, compactación y transporte.

<sup>b</sup> DTR es la distancia total recorrida (en km) y NV es el número de viajes realizados, el cociente entre ambos equivale a la distancia promedio.

### **Planta de producción de pellets**

Como ya se concluyó en el punto 3.4.2, el proceso de producción de pellets requiere electricidad (principalmente para trituración y peletización) y calor para el secado. En la Tabla 3-LI se han incluido las necesidades energéticas y balance energético en una planta convencional de producción de pellets [3.38] que procesa biomasa con un 35% de humedad. Se puede concluir que se consumen 30,5 kWh de electricidad por MWh (en PCS) de pellet producido (aproximadamente 152,5 kWh de electricidad por tonelada de pellets).

Considerando el factor de emisiones CO2E04 (0,43 kgCO<sub>2</sub>/kWh) debido al consumo de electricidad, para el mix de centrales representativo de Europa, el factor de emisiones unitario (E<sub>2.unitario</sub>) es de 65,6 kg\_CO2 por tonelada de pellet producido.

Para el área de estudio a la que se está aplicando la metodología puede utilizarse un factor de emisiones local o regional (para la comarca, para la provincia, comunidad autónoma,...).

### **Planta eléctrica / cogeneración**

En una planta eléctrica o de cogeneración alimentada con biomasa los ahorros de CO<sub>2</sub> debidos a la electricidad y calor generados en la plantas se han utilizado, para el escenario de referencia, los factores de emisión CO2E05 (0,26 kgCO<sub>2</sub>/kWh) y CO2TH01 (0,28 kgCO<sub>2</sub>/kWh) respectivamente.

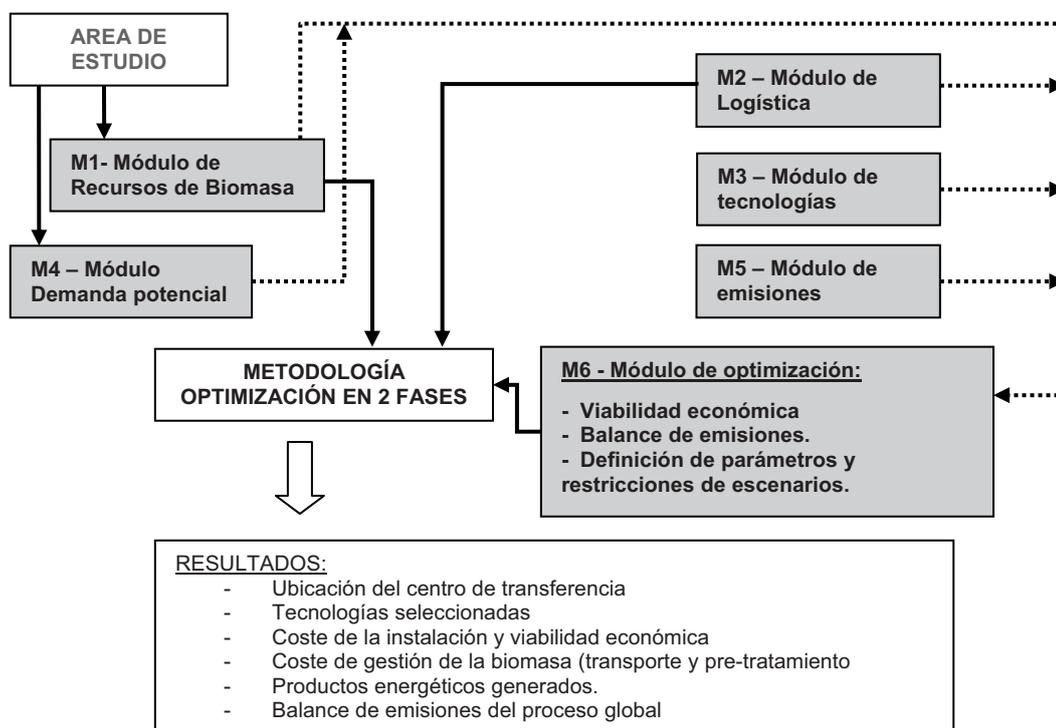
### 3.7.- Módulo de optimización y análisis de escenarios

En este módulo se utilizarán los principales datos y resultados de los módulos descritos anteriormente para identificar la mejor alternativa de aprovechamiento energético de la biomasa en base a dos criterios: Viabilidad económica y balance de emisiones.

En este punto se retoma el esquema general de la metodología desarrollada para describir los contenidos y flujo de información necesario para este módulo. La metodología incluye por una parte la cuantificación y la caracterización de de los recursos de biomasa y, por otra parte, un proceso de optimización en dos etapas:

**Etapa 1:** Evaluación y pre-selección de las mejores ubicaciones desde el punto de vista de logística y transporte. Esta etapa es resultado directo de los módulos 1 y 2.

**Etapa 2:** Selección de la mejor o mejores aplicaciones teniendo en cuenta la cantidad y características de la biomasa, costes económicos y emisiones asociadas al transporte y acondicionamiento, cuantificación/ubicación de posibles consumidores de biomasa para aplicaciones energéticas, y las características de las mejores tecnologías de aprovechamiento disponibles. Utiliza información de los módulos 1, 2, 3, 4, 5 y 6.



En el módulo de optimización se utiliza información de los módulos 1 al 5 y se definen algunos parámetros y restricciones que conforman el escenario que está siendo analizado. En la Tabla 3-LXX se describe la información utilizada de cada módulo y los parámetros considerados para la viabilidad económica y balance de emisiones del escenario analizado.

Tabla 3-LXX. Principal información, procedente de otros módulos, utilizada en módulo de optimización.

Módulo	Información utilizada
<b>M1- Módulo de Recursos de Biomasa</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cantidad de biomasa (t/año) y estacionalidad del aporte de biomasa a la planta (DESVEST)</li> <li>▪ Propiedades: %humedad, %cenizas, PCS MJ/kg)</li> </ul>
<b>M2 – Módulo de Logística</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Coste de transporte (€/t)</li> <li>▪ Distancias recorridas (km) y número de viajes realizados.</li> </ul>
<b>M3 – Módulo de tecnologías</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Funciones de evaluación de eficiencia eléctrica y térmica.</li> <li>▪ Funciones de evaluación de costes de inversión inicial (€/kW<sub>eléctrico.instalado</sub> ; €/t·h<sup>-1</sup> para producción de pellets) y costes de O&amp;M (€/kWh<sub>electricidad.enerada</sub> ; €/t<sub>pellet</sub> para producción de pellet)</li> <li>▪ Restricciones en cuanto a contenido en ceniza de la biomasa utilizada y tamaño mínimo de la planta.</li> </ul>
<b>M4 – Módulo Demanda potencial</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cuantificación de la demanda térmica potencial en la zona de estudio (MJ)</li> <li>▪ Cuantificación de las posibles ubicaciones de cogeneración.</li> </ul>
<b>M5 – Módulo de emisiones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Funciones de emisiones del transporte.</li> <li>▪ Emisiones asociadas al proceso de producción de pellets</li> <li>▪ Emisiones de referencia para los distintos combustibles y electricidad.</li> </ul>

### 3.7.1.- Escenario de referencia

Existen algunos parámetros que pueden variar sensiblemente los resultados de los estudios de viabilidad económica o ambiental. Entre ellos cabe destacar:

- Tiempo de operación anual: tiempos de operación mayores conllevan, habitualmente, mayor rentabilidad de las aplicaciones ya que la potencia instalada es menor y por tanto, la inversión inicial es menor.
- Precio de los pellets, la electricidad y el calor producido: Obviamente estos son los productos que generarán beneficios y su precio va a incidir directamente sobre la viabilidad económica. Sobre este punto se realizará una breve revisión de las retribuciones de la electricidad generada en el

régimen especial, ya que la biomasa es uno de los tipos contemplados en el mismo.

- **Factores de emisión:** Cuando se calculan las emisiones ahorradas debido a la generación de electricidad es importante fijar el valor de referencia que puede ser muy distinto según el país, provincia o área geográfica analizada. Considerando el mix europeo de centrales eléctricas las emisiones asociadas a la generación de electricidad estarían del orden de 0,4 kgCO<sub>2</sub>/kWh, pero para el mix español y de la Comunidad Valenciana este valor desciende a 0,26 y 0,2 kgCO<sub>2</sub>/kWh respectivamente.
- **Cogeneración:** La cogeneración puede mejorar sensiblemente tanto el balance económico como ambiental. No obstante el aprovechamiento del calor rara vez es del 100%, por tanto, se supondrá un porcentaje de aprovechamiento respecto a la potencia térmica nominal que la planta es capaz de generar.

### **Retribución de la electricidad en régimen especial**

El Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo de 2007, regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial y establece los tipos de energía renovable y cogeneración a considerar en este estudio. Dichas instalaciones se clasifican en categorías, grupos y subgrupos. Para aplicaciones con biomasa cabe destacar:

**Grupo b.6. Centrales que utilicen como combustible principal biomasa** procedente de cultivos energéticos, de residuos de las actividades agrícolas o de jardinerías, o residuos de aprovechamientos forestales y otras operaciones selvícolas en las masas forestales y espacios verdes, en los términos que figuran en el anexo II. Dicho grupo se divide en tres subgrupos:

- Subgrupo b.6.1. Centrales que utilicen como combustible principal biomasa procedente de cultivos energéticos.
- Subgrupo b.6.2. Centrales que utilicen como combustible principal biomasa procedente de residuos de las actividades agrícolas o de jardinerías.
- Subgrupo b.6.3. Centrales que utilicen como combustible principal biomasa procedente de residuos de aprovechamientos forestales y otras operaciones selvícolas en las masas forestales y espacios verdes.

El RD 661/2007 permitía vender la electricidad a un precio fijo (Tarifa regulada) o a mercado mediante una prima, haciendo además distinción según la potencia de

la planta. De este modo para el 2012 <sup>19</sup> las Tarifa reguladas son las que se han incluido en la Tabla 3-LXXI:

Tabla 3-LXXI. Retribución régimen especial para plantas de biomasa (grupo B.6) en 2012.

Subgrupo	Potencia	Plazo	Tarifa regulada c€/kWh	Tarifa regulada con COGENERACION c€/kWh
b.6.1	P≤2 MW	primeros 15 años	17,6339	17,7696
		a partir de entonces	13,0882	13,1890
	2 MW ≤ P	primeros 15 años	16,2689	16,2689
		a partir de entonces	13,7030	13,7029
b.6.2	P≤2 MW	primeros 15 años	13,9515	14,2054
		a partir de entonces	9,4060	9,5771
	2 MW <= P	primeros 15 años	11,9350	11,9350
		a partir de entonces	8,9519	8,9517
b.6.3	P≤2 MW	primeros 15 años	13,9515	14,2054
		a partir de entonces	9,4060	9,5771
	2 MW ≤ P	primeros 15 años	13,1285	13,1285
		a partir de entonces	8,9519	8,9519

Adicionalmente existen los complementos por energía reactiva y por eficiencia que pueden suponer, aproximadamente, hasta un máximo de 2 c€/kWh adicionales.

Las primas son en cada caso 4 – 4.5 c€ menores que la tarifa regulada y deben sumarse al precio de mercado de la electricidad. A efectos de los estudios de viabilidad económica en esta tesis se considerará la opción de tarifa regulada.

En la actualidad mediante el Real Decreto-ley 1/2012, de 27 de enero, se suspendieron los procedimientos de preasignación de retribución y se eliminaron los incentivos económicos (incluyendo los complementos por eficiencia y energía reactiva) para nuevas instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de cogeneración, fuentes de energía renovables y residuos.

<sup>19</sup> Orden IET/3586/2011, de 30 de diciembre, por la que se establecen los peajes de acceso a partir de 1 de enero de 2012 y las tarifas y primas de las instalaciones del régimen especial.

Para la definición del escenario de referencia se considerará un precio de la electricidad de 12,5 c€/kWh, que se corresponde con la aplicación de incentivos económicos para el fomento de energías renovables. Se considerarán otros dos escenarios: escenario intermedio 10 c€/kWh y escenario sin primas con 7,5 c€/kWh.

Según lo comentado anteriormente, los parámetros del escenario de referencia tomarán los valores mostrados en la Tabla 3-LXXII :

Tabla 3-LXXII. Parámetros considerados para la viabilidad económica y balance de emisiones del escenario analizado. Escenario de referencia.

<b>Tiempo operación planta de pellets, h/ año</b>	3200
<b>Tiempo de operación teórico de la estructura logística, h/año</b>	3200
<b>Tiempo operación planta de generación/cogeneración , h/año</b>	5000
<b>Precio electricidad , €/kWh</b>	0,125
<b>precio calor, €/kWh</b>	0,035
<b>Precio pellet, €/kWh</b>	120
<b>Ahorro de emisiones por Pellet, kg.CO<sub>2</sub> / kWh<sub>pellet</sub></b>	0,2
<b>Ahorro de emisiones Electricidad, kg.CO<sub>2</sub> / kWh<sub>electricidad</sub></b>	0,26
<b>Ahorro de emisiones por kWh, kg.CO<sub>2</sub> / kWh<sub>calor</sub></b>	0,23
<b>Aprovechamiento calor COGENERACIÓN (%respecto nominal)</b>	75%

### 3.7.2.- Optimización económica

El indicador utilizado para identificar la alternativa de aprovechamiento energético con mayor viabilidad económica es el periodo de retorno del capital ó PAYBACK. Este periodo es el plazo de tiempo que transcurre hasta que la inversión se paga a sí misma y se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$PAYBACK = \frac{C_I}{B_A - C_A} \quad (3-27)$$

Donde,

- $C_I$  son los costes de inversión inicial
- $C_A$  son los costes anuales
- $B_A$  son los beneficios anuales

#### Planta de producción de pellets

En el caso de la planta de pellets, el parámetro de costes de inversión inicial,  $C_I$ , esta dividido en los apartados que figuran en la Tabla 3-LXXIII. Esta tabla incluye definiciones y ecuación de cálculo de cada uno de los apartados.

Tabla 3-LXXIII. Definición de los costes de inversión. Planta de pellets

Parámetro	Definición	Ecuación
$C_I = C_{I1} + C_{I2}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>C_{I1}</math> : Coste de la zona ARA (área de recepción y almacenamiento)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>C_{I1} = \frac{BIO}{t_{OP1}} \cdot C_{I1.unitario}</math>                      BIO es la biomasa recogida [t/año]  <math>t_{OP1}</math> es el tiempo de operación de la estructura logística [h/año]  <math>C_{I1.unitario}</math> es el coste unitario de la zona ARA[€/ (t·h)]</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>C_{I2}</math> : Coste de la planta de producción de pellets</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>C_{I2} = \frac{PELLET}{t_{OP2}} \cdot C_{I2.unitario}</math>                      PELLET es la producción de pellets [toneladas/año]  <math>t_{OP2}</math> es el tiempo de operación de la planta de pellets estructura logística [h/año]  <math>C_{I2.unitario}</math> es el coste unitario de la planta de pellets [€/ (t·h)]</li> </ul>

En la Tabla 3-LXXIV se han incluidos los diferentes costes y beneficios anuales que participan en el análisis de periodo de retorno del capital. Se incluyen definiciones y ecuaciones de cálculo.

Tabla 3-LXXIV. Definición de los costes y beneficios anuales. Planta de pellets

Parámetro	Definición	Ecuación
$C_A = C_{A1} + C_{A2}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>C_{A1}</math> : Coste de transporte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>C_{A1} = \text{BIO} \cdot C_{A1.\text{unitario}}</math>                      BIO es la biomasa recogida [t/año]  <math>C_{A1.\text{unitario}}</math> es el coste unitario de recogida y transporte de la biomasa [€/t].</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>C_{A2}</math> : O&amp;M, coste de operación y mantenimiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>C_{A2} = \text{PELLET} \cdot C_{A2.\text{unitario}}</math>                      PELLET es la producción de pellets [t/año]  <math>C_{A2.\text{unitario}}</math> es el coste unitario de la operación y mantenimiento de planta de pellets [€/ t, por tonelada de pellet producido]</li> </ul>
$B_A = B_{A1} + B_{A2}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <math>B_{A1}</math> : Beneficio por la venta de pellets</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>B_{A1} = \text{PELLET} \cdot B_{A1.\text{unitario}}</math>                      PELLET es la producción de pellets [toneladas/año]  <math>B_{A1.\text{unitario}}</math> es el beneficio unitario de la venta de pellets [€/t]</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <math>B_{A2}</math> : Otros beneficios</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <math>B_{A2} = 0</math></li> </ul>

### Planta de generación/cogeneración

En el caso de la planta de generación ó cogeneración, el parámetro de costes de inversión inicial,  $C_I$ , esta dividido en los apartados que figuran en la Tabla 3-LXXV. Esta tabla incluye definiciones y ecuación de cálculo de cada uno de los apartados.

Tabla 3-LXXV. Definición de los costes de inversión. Planta de generación/cogeneración

Parámetro	Definición	Ecuación
$C_I = C_{I1} + C_{I2}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>C_{I1}</math> : Coste de la zona ARA (área de recepción y almacenamiento)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>C_{I1} = \frac{\text{BIO}}{t_{OP1}} \cdot C_{I1.\text{unitario}}</math>                      BIO es la biomasa recogida [toneladas/año]  <math>t_{OP1}</math> es el tiempo de operación de la estructura logística [h/año]  <math>C_{I1.\text{unitario}}</math> es el coste unitario de la zona ARA [€/·(t·h)<sup>-1</sup>]</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>C_{I2}</math> : Coste de la planta de generación/cogeneración</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>C_{I2} = P_E \cdot C_{I2.\text{unitario}}</math>  <math>P_E</math> es la potencia eléctrica instalada [kW]. Para el cálculo de la potencia instalada debe definirse un tiempo de operación <math>t_{OP2}</math> de la planta (ver capítulo 3.4)  <math>C_{I2.\text{unitario}}</math> es el coste unitario de la planta de generación/cogeneración [€/kW]</li> </ul>

En la Tabla 3-LXXVI se han incluidos los diferentes costes y beneficios anuales que participan en el análisis de periodo de retorno del capital. Se incluyen definiciones y ecuaciones de cálculo.

Tabla 3-LXXVI. Definición de los costes y beneficios anuales. Planta de generación/cogeneración

Parámetro	Definición	Ecuación
$C_A = C_{A1} + C_{A2}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>C_{A1}</math> : Coste de transporte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>C_{A1} = \text{BIO} \cdot C_{A1.\text{unitario}}</math>                      BIO es la biomasa recogida [t/año]  <math>C_{A1.\text{unitario}}</math> es el coste unitario de recogida y transporte de la biomasa [€/t].</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>C_{A2}</math> : O&amp;M, coste de operación y mantenimiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>C_{A2} = P_E \cdot t_{OP1} \cdot C_{A2.\text{unitario}}</math>  <math>P_E</math> es la potencia eléctrica instalada [kW]  <math>C_{A2.\text{unitario}}</math> es el coste unitario de la operación y mantenimiento de planta [€/ kWh, de electricidad]</li> </ul>
$B_A = B_{A1} + B_{A2} + B_{A3}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <math>B_{A1}</math> : Beneficio por la venta de electricidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>B_{A1} = P_E \cdot t_{OP2} \cdot B_{A1.\text{unitario}}</math>  <math>P_E</math> es la potencia eléctrica instalada [kW]  <math>t_{OP2}</math> es el tiempo de operación de la planta [h/año]  <math>B_{A1.\text{unitario}}</math> es el beneficio unitario de la venta de electricidad [€/kWh de electricidad]</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <math>B_{A2}</math> : Beneficio por la venta de calor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <math>B_{A2} = P_T \cdot t_{OP2} \cdot AP_{\text{CHP}} \cdot B_{A2.\text{unitario}}</math>  <math>P_T</math> es la potencia térmica instalada [kW]  <math>t_{OP2}</math> es el tiempo de operación de la planta [h/año]  <math>AP_{\text{CHP}}</math> es el porcentaje de calor realmente aprovechado en modo cogeneración respecto al calor útil generado.  <math>B_{A2.\text{unitario}}</math> es el beneficio unitario de la venta de calor [€/kWh de calor útil generado]</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <math>B_{A3}</math> : Otros beneficios</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <math>B_{A3} = 0</math></li> </ul>

### 3.7.3.- Optimización ambiental: balance de emisiones

El indicador utilizado para identificar la alternativa de aprovechamiento energético con mayor viabilidad ambiental es el balance de emisiones de CO<sub>2</sub> de todo el proceso. Para la realización de dicho balance es necesario evaluar las emisiones (E) y los ahorros de emisiones (A) según la siguiente ecuación:

$$BALANCE_{CO_2} = A - E \quad (3-28)$$

#### Planta de producción de pellets

En la Tabla 3-LXXVII se han incluidos las diferentes emisiones y ahorro de emisiones correspondientes a una planta de producción de pellets. Se incluyen definiciones y ecuaciones de cálculo.

Tabla 3-LXXVII. Definición de las emisiones y ahorro de emisiones anuales. Planta de producción de pellets.

Parámetro	Definición	Ecuación
$E = E_1 + E_2$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• E<sub>1</sub> : Emisiones en el transporte</li> <li>• E<sub>2</sub> : Emisiones en el proceso de producción de pellets</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>E_1 = BIO \cdot E_{1,unitario}</math> BIO es la biomasa recogida [t/año] E<sub>1,unitario</sub> son las emisiones producidas en la recogida y transporte de la biomasa [kg_CO<sub>2</sub>/t].</li> <li>• <math>E_2 = PELLET \cdot E_{2,unitario}</math> PELLET es la producción de pellets [t/año] E<sub>2,unitario</sub> son la emisiones unitarias en el proceso de producción de pellets [kg_CO<sub>2</sub>/t, tonelada de pellet producido]</li> </ul>
A	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ A: Ahorro de emisiones por la utilización de pellets (en lugar de combustible fósil)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>A = PELLET \cdot A_{1,unitario}</math> PELLET es la producción de pellets [toneladas/año] A<sub>1,unitario</sub> es el beneficio unitario de la venta de pellets [€/t]</li> </ul>

#### Planta de producción de generación/cogeneración

En la Tabla 3-LXXVIII se han incluidos las diferentes emisiones y ahorro de emisiones correspondientes a una planta de generación/cogeneración. Se incluyen definiciones y ecuaciones de cálculo.

Tabla 3-LXXVIII. Definición de las emisiones y ahorro de emisiones anuales. Planta de generación/cogeneración

Parámetro	Definición	Ecuación
$E = E_1 + E_2$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>E_1</math>: Emisiones en el transporte</li> <li>• <math>E_2</math>: Emisiones en el proceso de acondicionamiento de la biomasa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>E_1 = \text{BIO} \cdot E_{1.\text{unitario}}</math>                      BIO es la biomasa recogida [t/año]  <math>E_{1.\text{unitario}}</math> son las emisiones producidas en la recogida y transporte de la biomasa [kg_CO<sub>2</sub>/t].</li> <li>• <math>E_2 = 0</math>                      Se ha considerado nulo en este análisis</li> </ul>
$A = A_1 + A_2$	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <math>A_1</math>: Ahorro de emisiones por la generación de electricidad</li> <li>▪ <math>A_2</math>: Ahorro de emisiones por la generación de calor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>A_1 = P_E \cdot t_{\text{OP2}} \cdot A_{1.\text{unitario}}</math>  <math>P_E</math> es la potencia eléctrica instalada [kW]  <math>t_{\text{OP2}}</math> es el tiempo de operación de la planta [h/año]  <math>B_{A1.\text{unitario}}</math> es el ahorro de emisiones unitario por la electricidad generada [kg_CO<sub>2</sub>/kWh de electricidad]</li> <li>▪ <math>A_2 = P_T \cdot t_{\text{OP2}} \cdot A_{\text{PCHP}} \cdot A_{2.\text{unitario}}</math>  <math>P_T</math> es la potencia térmica instalada [kW]  <math>t_{\text{OP2}}</math> es el tiempo de operación de la planta [h/año]  <math>A_{\text{PCHP}}</math> es el porcentaje de calor realmente aprovechado en modo cogeneración respecto al calor útil generado.  <math>B_{A2.\text{unitario}}</math> es el ahorro de emisiones unitario por el calor generado [kg_CO<sub>2</sub>/kWh de calor generado]</li> </ul>

Para la comparación entre alternativas de aprovechamiento energético de la biomasa se calculará el ratio kg CO<sub>2</sub> / kWh\_biomasa, es decir, ahorro de CO<sub>2</sub> total dividido por el contenido energético de toda la biomasa recogida y recibida en la planta.

### 3.8.- **Bibliografía del capítulo**

- [3.1] Gil-Albert, F., *Tratado de arboricultura frutal. Vol 5. Poda de frutales*. Ed.Mundi-Prensa/MAPA. 2ª edición, 200. ISBN 84-8476-143-6.
- [3.2] Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Secretaría general de Energía.Dirección general de política energética y minas. Plan de Energías Renovables 2005-2010 (PER).  
<http://www.mityc.es/energia/desarrollo/EnergiaRenovable/Plan/Paginas/planRenovables.aspx>.
- [3.3] Juana Sardón, José María de ... [et al.]. *Energías renovables para el desarrollo Madrid*: ITES-Paraninfo, 2003. ISBN 84-283-2864-1.
- [3.4] Sala Lizarraga, José María, López González, Luis María, *Plantas de valorización energética de la biomasa*. Logroño : Ochoa, 2002. ISBN 84-7359-545-9.
- [3.5] Marcos Martín, Francisco. *Biocombustibles sólidos de origen forestal*. AENOR. Madrid. 2001. ISBN: 84-8143-272-5
- [3.6] *La biomasa, fuente de energía y productos para la agricultura y la industria*, Junta de Castilla y León, Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas, Madrid, 1996, ISBN: 8478343083, Madrid 1996
- [3.7] EUBIONET (2003), *Biomass survey in Europe. Country report of Greece*, European Bioenergy Network. European Energy Exchange. Available in: <http://www.eubionet.net/>.
- [3.8] *Ahorro, Eficiencia Energética y Fertilización Nitrogenada*, IDAE, Madrid, 2007 ISBN: 978-84-96680-13-5
- [3.9] *Análisis del ciclo de vida de combustibles alternativos para el transporte*, Ministerio de Medio Ambiente, Ministerio de Educación y Ciencia y Ciemat, Madrid, 2005 ISBN: 84-8320-312-X
- [3.10] *Ahorro y Eficiencia Energética en los Cultivos Energéticos y Agricultura*, IDAE, Madrid, 2009. ISBN: 978-84-96680-43-2
- [3.11] Madrigal Collazo, A., Álvarez González, J.G., Rodríguez Soalleiro R., Rojo Alboreca, A., *Tablas de producción para los montes españoles*, Madrid, Editorial: Fund. Conde del Valle de Salazar, 1999
- [3.12] BIOSOUTH, *Techno-Economical assessmen of the production and use of biofuels for heating and cooling applications in South Europe*", EIE/255/S07.38609. [www.bio-south.com/](http://www.bio-south.com/)
- [3.13] *Energías renovables y medio ambiente*, Madrid : Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, 1982
- [3.14] Proyecto "Pellets for Europe" (ALTENER 2002-012-137-160) <http://www.pelletcentre.info>
- [3.15] Maserà, O., Guillardì, A., Drigo, R., Trossero, M.A., WISDOM: A GIS-based supply demand mapping tool for woodfuel management, *Biomass & Bioenergy* 30 (2006) pp. 618-637.

- [3.16] Voivontas, D., Assimacopoulos, D., Koukios, E.G., Assessment of biomass potencial for power production: a GIS based method, *Biomass & Bioenergy* 12 (2001) pp. 101-112.
- [3.17] Caputo, A.C. Palumbo, M, Pelagagge, P.M, Scaccia, F., Economics of biomass energy utilization in combustion and gasification plants: effects of logistic variables, *Biomass & Bioenergy* 28 (2005) pp. 35-51.
- [3.18] Di Blasi, C., Tanzi, V., Lanzetta, M., A study on the production of agricultural residues in Italy, *Biomass & Bioenergy* 12 (5) (1997) pp. 321-331.
- [3.19] Dias, J., Azevedo J.L.T., Evaluation of biomass residual in Portugal mainland” Proceedings of the Conference on New and Renewable Energy Technologies for Sustainable Development, 24-26 June 2002, Ponta Delgada, Azores, Portugal, pp. 215-228
- [3.20] [http://www.infoagro.com/hortalizas/residuos\\_agricolas.htm](http://www.infoagro.com/hortalizas/residuos_agricolas.htm), consultado por última vez en Octubre de 2009.
- [3.21] *Libro Blanco de la Energía en la Comunidad Valenciana*, Conselleria d’Indústria, Comerç i Turisme.( 1987).
- [3.22] Domínguez Bravo, J., Ciria, P., Esteban, L. S., Sánchez, D., Lasry, P., Evaluación de la biomasa potencial como recurso energético en la región de Navarra (España)”, *GeoFocus* (Informes y Comentarios), 2003, nº 3, p.1-10, ISSN: 1578-5157.
- [3.23] Sebastián, F., M. P. Cebollada, I. Izquierdo, S. Breto (1997), *Atlas de Biomasa para usos energéticos de Aragón*, Ed. Fundación CIRCE y Dpto. de Economía, Hacienda y Fomento del Gobierno de Aragón. ISBN 84-7753-680-5.
- [3.24] *Evaluación del potencial de biomasa residual en los ecosistemas forestales y los medios agrícolas en la provincia de Huesca*, CIRCE, Beca de Investigación Félix de Azara, informe final, Mayo de 2006, Diputación Provincial de Huesca.
- [3.25] Bienes R., del Olmo, A., Rodríguez, C. Moscoso, J., Pérdida del suelo por erosión hídrica en un suelo agrícola de la zona centro de España provocada por una tormenta de corta duración. *Ecología*, ISSN 0214-0896, Nº 10, 1996 , pags. 71-78
- [3.26] Lopez, J.J.; Giraldez, J.V., ¿es el barbecho necesario? análisis de la eficiencia del barbecho mediante un modelo de la evolución de la humedad del suelo, *Investigación agraria. Producción y protección vegetales*, 1992, Vol. 7(3), pp.: 325-343.
- [3.27] Alfonso, D., Perpiñá, C., Pérez-Navarro, A., Peñalvo, E., Vargas,C., Cárdenas, R., Methodology for optimization of distributed biomass resources evaluation, management and final energy use, *Biomass and Bioenergy*, 33 ( 2009 ) 1070 – 1079
- [3.28] Proyecto Singular Estratégico “Desarrollo, demostración y evaluación de la producción de energía en España a partir de la biomasa de cultivos energéticos” (PSE On Cultivos). PLAN NACIONAL DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA, DESARROLLO E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA (2004-2007). INFORME TÉCNICO ANUAL Periodo: 1 de Enero a 31 de Diciembre de 2007.
- [3.29] *Biomasa: Cultivos energéticos*. IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía) 2007. ISBN-13: 978-84-96680-17-3
- [3.30] *La Generación Eléctrica en el Siglo XXI*. Insituto de la Ingeniería de España, 2005. ISBN: 84-932772-2-3.

- [3.31] Freire, E., Cabrera, M., Blanco, J., *Evaluación de la Biomasa energéticamente aprovechable en Galicia procedente de los residuos forestales. Metodología para la cuantificación de estos recursos.* ORGACCMM - Organización Galega de Comunidades de Montes Veciñais en Man Común, 2002.
- [3.32] Proyecto BIOVAL- Optimización del Aprovechamiento Energético de los Recursos Biomásicos en la CV (IMCONA/2005/36). Financiado por IMPIVA, 2005-2006.
- [3.33] Proyecto BIODER – Segmentación de la Demanda y Estudio del Potencial de la Biomasa como Recurso Energético Distribuido Renovable para Aplicaciones Térmicas, Cogeneración y Biocombustibles (ENE2006-08246). Financiado por el Ministerio de Educación, 2006-2009.
- [3.34] *Guía para la gestión del combustible en las flotas de transporte por carretera*, IDAE, 2006. ISBN-13: 978-84-86850-97-5.
- [3.35] *Observatorio de Costes del Transporte de Mercancías por Carretera*. MINISTERIO DE FOMENTO, Dirección General de Transporte Terrestre, Abril de 2012
- [3.36] *Biomasa: Maquinaria agrícola y forestal*, IDAE, 2007. ISBN-13: 978-84-96680-18-0
- [3.37] *Guía de Co-combustión*. Fundación Asturiana de la Energía (FAEN). Dep. Legal: AS-4554/2010
- [3.38] Obernberger, I., Thek, G., Wood pellet production costs under Austrian and in comparison to Swedish framework conditions, *Biomass and Bioenergy*, 2004, 27, pp. 671-693, 2004
- [3.39] *Biomass Combined Heat and Power Catalog of Technologies*, U. S. Environmental Protection Agency, Combined Heat and Power Partnership, September 2007
- [3.40] Searcy, E. M., Hess, J. R., *Uniform-Format Feedstock Supply System: A Commodity-Scale Design to Produce an Infrastructure-Compatible Biocrude from Lignocellulosic Biomass*, INL/EXT-10-20372, September 2010, <http://www.inl.gov>.

## CAPÍTULO 4

---

### RESULTADOS. APLICACIÓN A LA COMUNIDAD VALENCIANA

---

#### 4.1.- Introducción.

La metodología desarrollada en esta tesis se ha aplicado a la Comunidad Valenciana en el marco de los proyectos BIOVAL, BIOENER y BIODER.

La aplicación de la metodología descrita en el capítulo 3 se ha realizado directamente en EXCEL y ACCESS por parte del autor. La evaluación de recursos y análisis logístico se ha implementado también y en paralelo utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG), en este último caso el autor ha actuado como coordinador de esta aplicación.

#### 4.2.- Fuentes de información utilizadas

La información requerida debe estar detallada, al menos, a nivel municipal, y debe cubrir los siguientes apartados:

- Información cartográfica de la Comunidad Valenciana. (zonas habitadas, industriales, protegidas, entorno natural)
- Población, economía y entorno socio-cultural.
- Datos sobre producción de Biomasa residual disponible.
- Actividad agrícola por cultivos (producción, superficie, ubicación)
- Actividad industria agroalimentaria. (producción, ubicación)
- Actividad industria madera y mueble, (producción, ubicación)

Las principales fuentes de información utilizadas han sido las siguientes:

- Consellería de Agricultura – Superficies y producciones 2004
- IVE-Instituto Valenciano de estadística - Tablas estadísticas municipales y comarcales:
  - Agricultura: Distribución de superficies y usos, tamaño de explotaciones - 2004
  - Edificación y vivienda: Censo población y vivienda - 2001
  - Población: Cifras oficiales de población - 2002 / 2004
  - Educación: Centros y alumnos por nivel de estudios – curso 2000/2001

- Tercer Inventario Forestal Nacional (IFN3)
- Instituto Nacional de Estadística (INE) – Censo agrario 1999
  - Censo Agrario 1999: Agricultura: Distribución de superficies y usos, tamaño de explotaciones
- Guía ARDAN de las 12500 mayores empresas de la Comunidad Valenciana (2004)
  - Facturación, Nº de empleados, actividad y localización

#### **4.3.- Resultados del módulo de fuentes de biomasa**

En este apartado se han utilizado datos de superficie agrícola por tipo de cultivos (naranja, olivo, vid, almendro,...) y superficie forestal arbolada con sus propiedades indispensables (especie, VCC-volumen con corteza, nº de pies). Estos datos básicos junto con la metodología de cuantificación, caracterización descrita en el apartado 3.2 han permitido estimar los recursos de biomasa y sus principales propiedades promedio (poder calorífico superior, %cenizas,... ponderadas con la masa disponibles de cada tipo de residuo biomásico).

Es importante realizar las siguientes indicaciones:

- La unidad mínima de información es el municipio y se ha considerado la comarca como área de aportación.
- Para los residuos agrícolas (restos de poda, paja de cereal) se han considerado todos aquellos cultivos presentes.
- Para los residuos agroalimentarios solo se han considerado aquellos residuos procedente de la elaboración del vino y la extracción del aceite de oliva.
- Para la cuantificación de biomasa forestal se ha utilizado el método aproximado, aunque para la provincia de Valencia se ha aplicado también el método detallado para comparar los resultados con el método aproximado y con resultados de otros inventarios.
- Para el cálculo de potencial de cultivos energéticos para biomasa sólida se ha considerado el cardo como cultivo representativo y la productividad característica de cada provincia. La superficie potencial considerada es la que corresponde a tierras de labor de secano en barbecho. Es importante resaltar que la aportación potencial procedente de cultivos energéticos no se ha considerado a la hora de estudiar la viabilidad del aprovechamiento energético de la biomasa, ya que no son cultivos actualmente establecidos y el potencial real es difícil de fijar. No obstante un elevado potencial es indicador de que en caso de necesidad podría considerarse como un complemento para la planta.

- La cantidad de biomasa mostrada en las fichas se corresponde con la cantidad de biomasa que se considera DISPONIBLE (ver Tabla 3-XLV incluida en el punto 3.2.6 Análisis de disponibilidad / viabilidad)

Los resultados obtenidos para cada comarca se resumen en una ficha comarcal como la que se muestra en la Figura 4-1. En esta ficha se incluye:

- La identificación de la comarca
- la cuantificación por tipos de biomasa
- la estacionalidad
- las propiedades promedio de la biomasa a nivel comarcal (Poder calorífico superior, %humedad y % de ceniza)
- la aportación potencial de cultivos energéticos

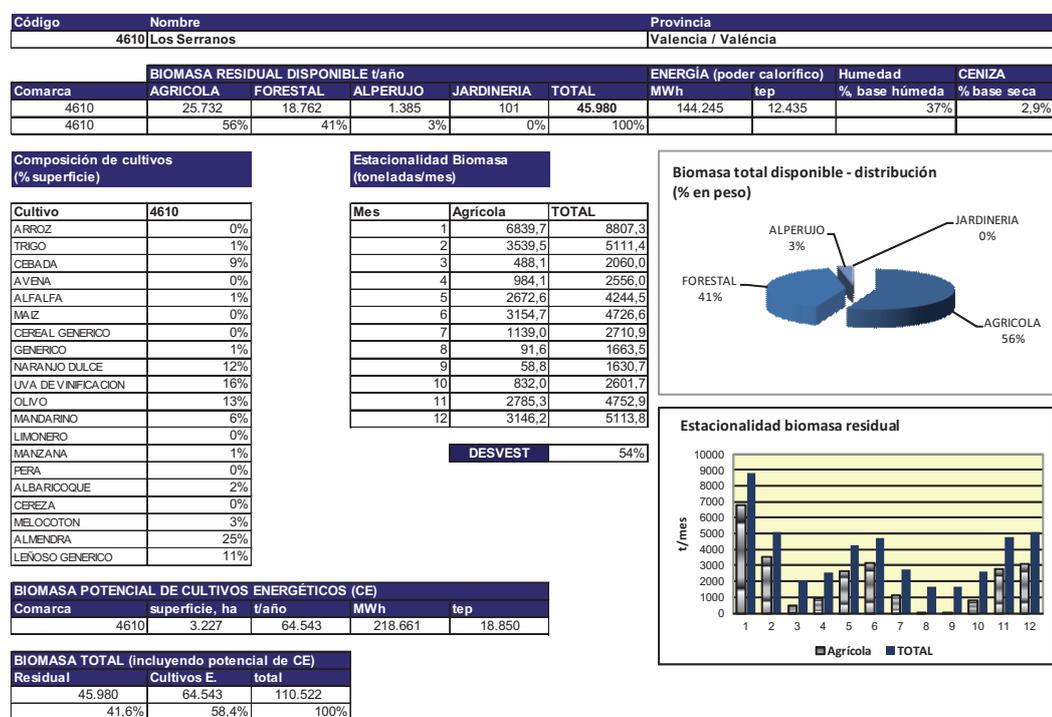


Figura 4-1. Ejemplo de ficha de recursos de biomasa: comarca de Los Serranos

En este caso se muestra la comarca de los serranos que está balanceada en cuanto a los tipos de biomasa disponibles ya que tiene una aportación importante tanto de biomasa agrícola como forestal. Este hecho conlleva, habitualmente, una menor estacionalidad como indica la desviación estándar del aporte mensual de biomasa que se sitúa en el 54%. Cabe destacar también la disponibilidad de tierras de labor de secano en barbecho que, considerando el potencial teórico total

para cultivos energéticos, podrían duplicar la cantidad de recursos de biomasa disponibles.

En la Figura 4-2 se muestra la comarca de la Ribera Alta con una clara mayoría (94%) de biomasa residual de origen agrícola. Se observa como la desviación estándar del aporte mensual de biomasa es del 89%, mayor que la observada en el caso anterior.

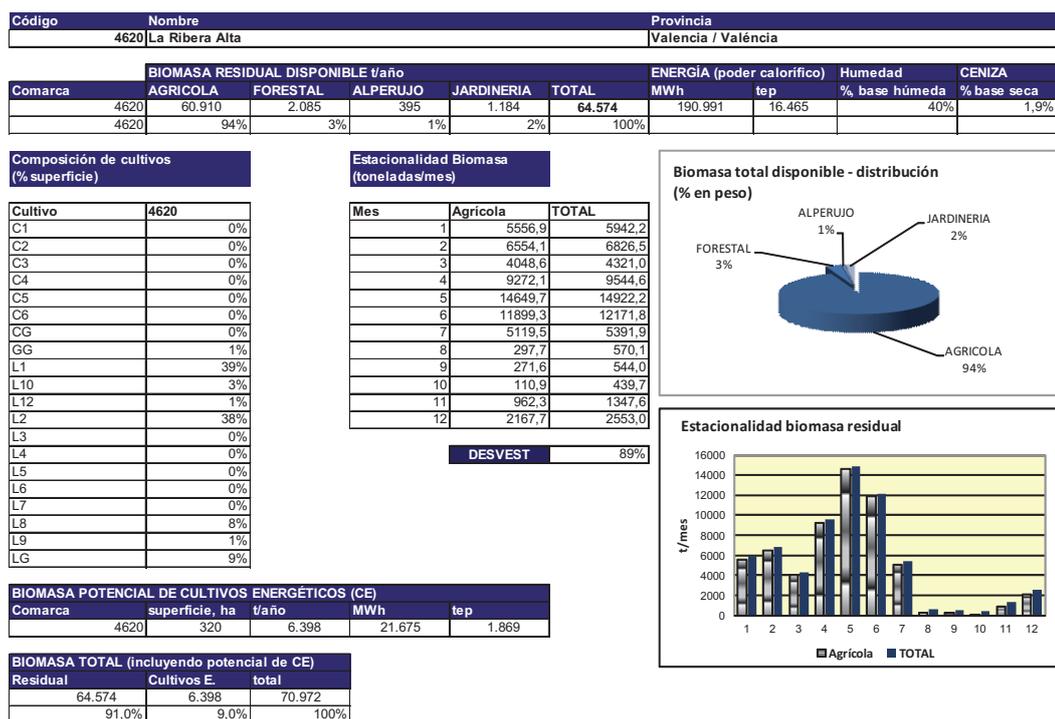


Figura 4-2. Ejemplo de ficha de recursos de biomasa: Comarca de La Ribera Alta.

En la página siguiente se incluye la comarca de Valencia que contiene principalmente zona urbana y, en menor medida, tierras agrícolas colindantes. En este caso el aporte de biomasa de origen forestal es prácticamente nulo per, en cambio, el aporte de biomasa procedente de labores de jardinería se estima en unas 4500 t/año y supone el 50% de la biomasa disponible en dicha comarca. El contenido en ceniza es bastante elevado debido a que la biomasa disponible proviene, principalmente, de las tierras de cultivo del arroz.

Capítulo 4. Resultados

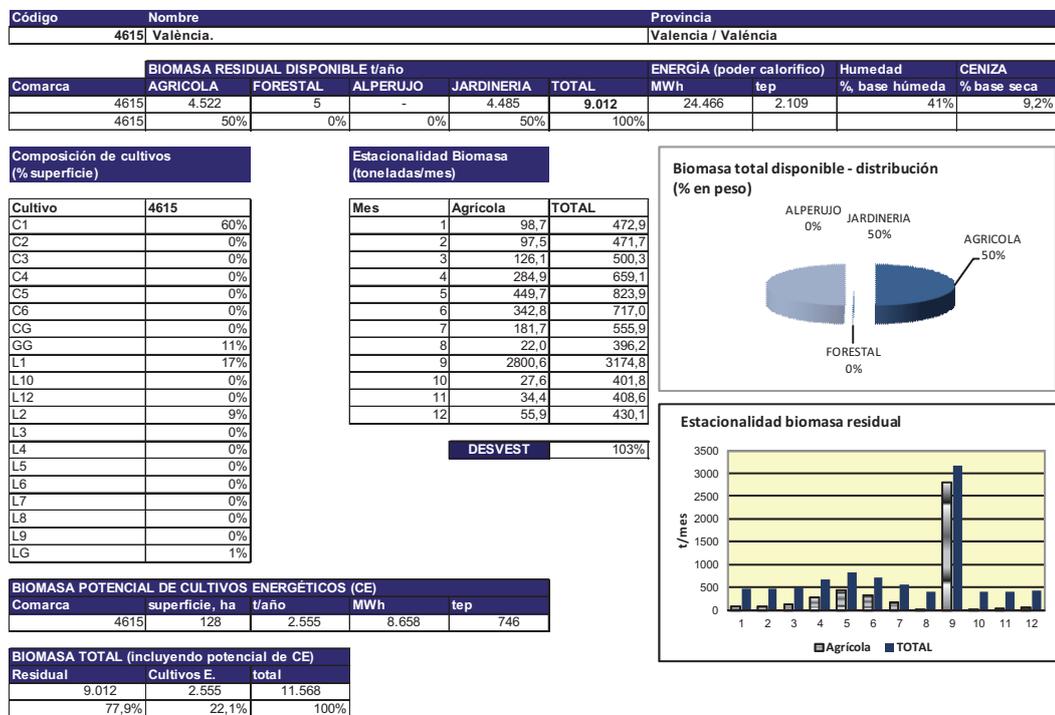


Figura 4-3. Ejemplo de ficha de recursos de biomasa: Comarca de Valencia.

En la página siguiente se ha incluido en la Figura 4-4 la comarca de la Ribera Baixa como claro ejemplo de comarca con biomasa de origen agrícola y, además, muy centrada en el cultivo del arroz como en el caso anterior. Este hecho hace que la estacionalidad sea muy elevada (254%) y que el contenido en ceniza promedio sea del 14,8%.

Metodología para la Optimización del Aprovechamiento Energético de los Recursos de Biomasa.  
Aplicación a la Comunidad Valenciana

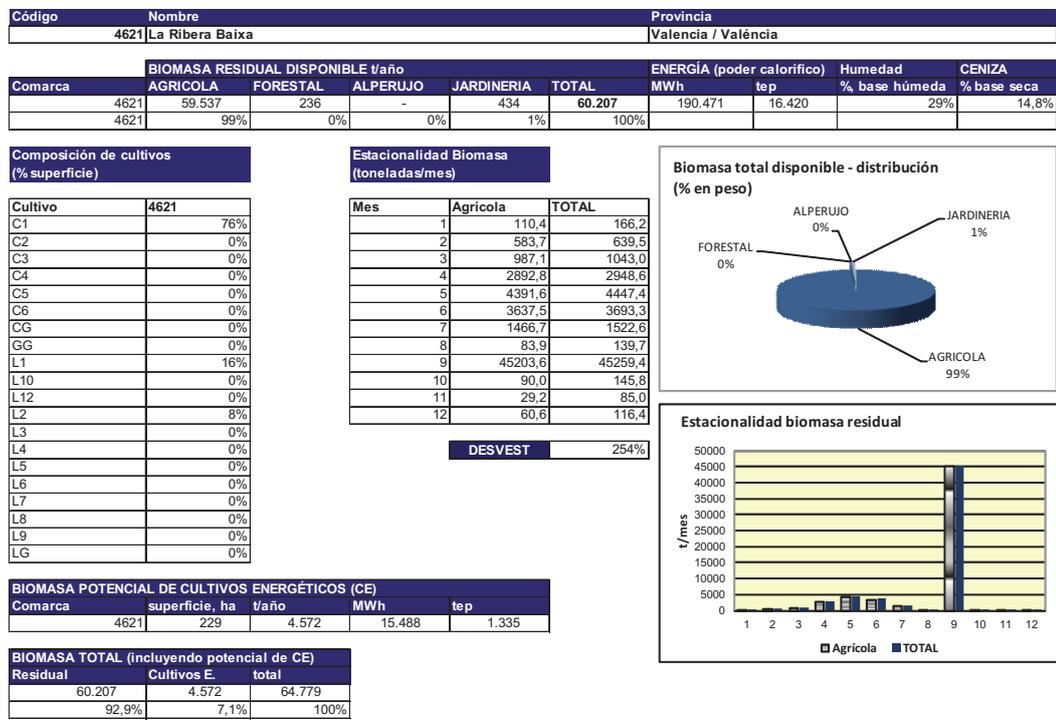


Figura 4-4. Ejemplo de ficha de recursos de biomasa: Comarca de La Ribera Baixa.

Las fichas completas para cada comarca de la Comunidad Valenciana se han incluido en el ANEXO A.

En la Figura 4-5 se muestra un resumen de resultados obtenidos de la evaluación de recursos de biomasa a nivel comarcal para la Comunidad Valenciana.

COMARCA	BIOMASA DISPONIBLE TOTAL (t/año) y DISTRIBUCIÓN (%)				ENERGÍA (poder calorífico, PCS)		Humedad	CENIZA	
	AGRICOLA	FORESTAL	ALPERUJO	JARDINERIA	TOTAL (t/año)	GWh	tep	% base húmeda	% base seca
<b>Provincia d'Alacant / Provincia de Alicante</b>									
0326 - El Comtat	70%	11%	18%	1%	14.440	43,7	3.758	39%	2,0%
0327 - L'Alcoià	60%	28%	9%	3%	21.158	65,8	5.663	38%	2,9%
0328 - L'Alt Vinalopó / Alto Vinalopó	78%	12%	10%	1%	29.119	89,7	7.711	39%	2,8%
0329 - El Vinalopó Mitjà / El Vinalopó Medio	86%	9%	3%	3%	34.758	104,9	9.024	40%	2,3%
0330 - La Marina Alta	87%	6%	3%	4%	21.615	64,0	5.508	39%	2,6%
0331 - La Marina Baixa	71%	20%	4%	5%	17.881	54,1	4.651	39%	2,2%
0332 - L'Alacantí	65%	17%	3%	15%	15.746	46,6	4.010	40%	2,4%
0333 - El Baix Vinalopó	75%	14%	1%	10%	14.761	43,9	3.779	39%	3,1%
0334 - El Baix Segura / La Vega Baja	92%	4%	0%	3%	54.205	159,2	13.694	40%	2,3%
<b>Provincia de Castelló / Provincia de Castellón</b>									
1201 - Els Ports	21%	78%	0%	0%	13.472	44,5	3.824	34%	4,2%
1202 - L'Alt Maestrat	74%	20%	5%	1%	12.836	39,8	3.421	38%	2,5%
1203 - El Baix Maestrat	81%	8%	10%	1%	59.653	177,7	15.285	40%	1,8%
1204 - L'Alcalatén	76%	19%	5%	0%	13.859	42,5	3.653	39%	2,3%
1205 - La Plana Alta	91%	3%	4%	3%	46.793	139,7	12.014	40%	1,9%
1206 - La Plana Baixa	92%	5%	1%	2%	44.775	131,4	11.304	40%	2,1%
1207 - El Alto Palancia	63%	30%	6%	0%	35.484	109,6	9.425	38%	2,4%
1208 - El Alto Mijares	54%	44%	2%	0%	6.724	21,0	1.805	37%	3,0%
<b>Provincia de València / Provincia de Valencia</b>									
4609 - El Rincón de Ademuz	60%	39%	0%	0%	9.110	28,7	2.471	37%	3,1%
4610 - Los Serranos	56%	41%	3%	0%	45.980	144,2	12.405	37%	2,9%
4611 - El Camp de Túria	87%	10%	2%	1%	42.103	124,9	10.741	40%	1,9%
4612 - El Camp de Morvedre	90%	6%	1%	3%	17.509	51,4	4.424	40%	1,9%
4613 - L'Horta Nord	88%	1%	0%	10%	10.750	30,7	2.638	42%	2,0%
4614 - L'Horta Oest	84%	1%	1%	15%	11.775	33,4	2.873	42%	2,1%
4615 - València.	50%	0%	0%	50%	9.012	24,5	2.104	41%	9,2%
4616 - L'Horta Sud	96%	0%	0%	4%	20.130	61,4	5.284	33%	10,6%
4617 - La Plana de Utiel-Requena	73%	25%	2%	0%	77.088	239,3	20.583	39%	2,9%
4618 - La Hoya de Buñol	88%	6%	5%	1%	20.747	62,0	5.332	40%	2,0%
4619 - El Valle de Cofrentes-Ayora	54%	40%	6%	0%	28.187	89,6	7.702	37%	3,4%
4620 - La Ribera Alta	94%	3%	1%	2%	64.574	191,0	16.425	40%	1,9%
4621 - La Ribera Baixa	99%	0%	0%	1%	60.207	190,5	16.381	29%	14,8%
4622 - La Canal de Navarrés	41%	47%	12%	0%	23.383	71,6	6.158	39%	2,5%
4623 - La Costera	79%	15%	5%	2%	24.710	74,2	6.380	39%	2,3%
4624 - La Vall d'Albaida	77%	15%	6%	1%	31.256	95,7	8.234	39%	2,5%
4625 - La Safor	91%	5%	0%	4%	23.189	67,9	5.842	40%	1,9%
<b>Total general CV</b>	<b>79%</b>	<b>15%</b>	<b>4%</b>	<b>3%</b>	<b>976986</b>	<b>2959</b>	<b>254504</b>	<b>38,6%</b>	<b>3,3%</b>

Figura 4-5. Recursos de biomasa para cada comarca de la Comunidad Valenciana.

Puede concluirse que la biomasa de origen residual agrícola y forestal asciende a, aproximadamente, 1 millón de toneladas, 140.000 toneladas son de origen forestal y 760.000 toneladas son de origen agrícola (el resto, unas 70.000 toneladas aproximadamente, provendrían de restos de jardinería y alperujo). En términos de energía primaria, esta biomasa sería equivalente a 260900 toneladas equivalentes de petróleo.

En cuanto a las propiedades básicas de la biomasa, cabe destacar 3 comarcas (La Ribera Baixa, L'Horta Sud y València) con un porcentaje de cenizas en torno al 10% o superior que, a priori, podría dificultar o limitar la viabilidad para su aprovechamiento energético.

Otra información importante junto a la cuantificación y caracterización de los recursos de biomasa el análisis de ubicación y dispersión de los residuos biomásicos. Par ellos se utilizarán la identificación (nombre y código INE) de cada municipio junto con las coordenadas UTM para saber donde se ubica la biomasa de cada municipio dentro del conjunto de 543 municipios de la Comunidad Valenciana. En la Figura 4-6 se muestra la representación en coordenadas UTM de todos los municipios de la Comunidad Valenciana.

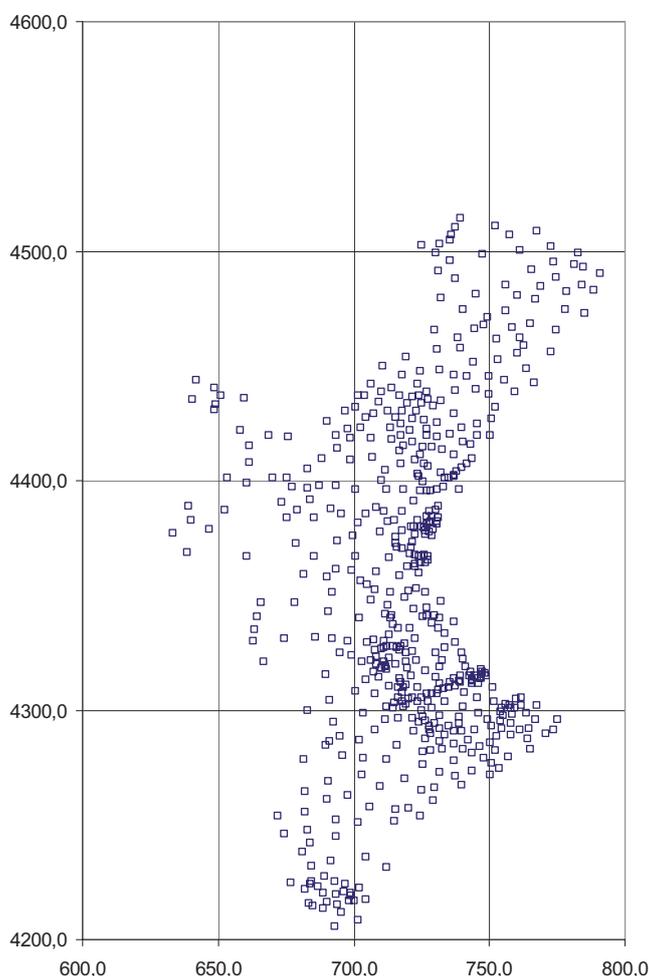


Figura 4-6. Ubicación de los centroides de los municipios de la Comunidad Valenciana en coordenadas UTM (en km).

La cuantificación de los recursos de biomasa y la superficie municipal permiten obtener el análisis de dispersión o densidad de biomasa (toneladas/hectárea) que permite identificar zonas de elevada densidad de recursos de biomasa. En la Figura 4-7 se muestra el mapa de densidad de biomasa a nivel municipal para la Comunidad Valenciana.

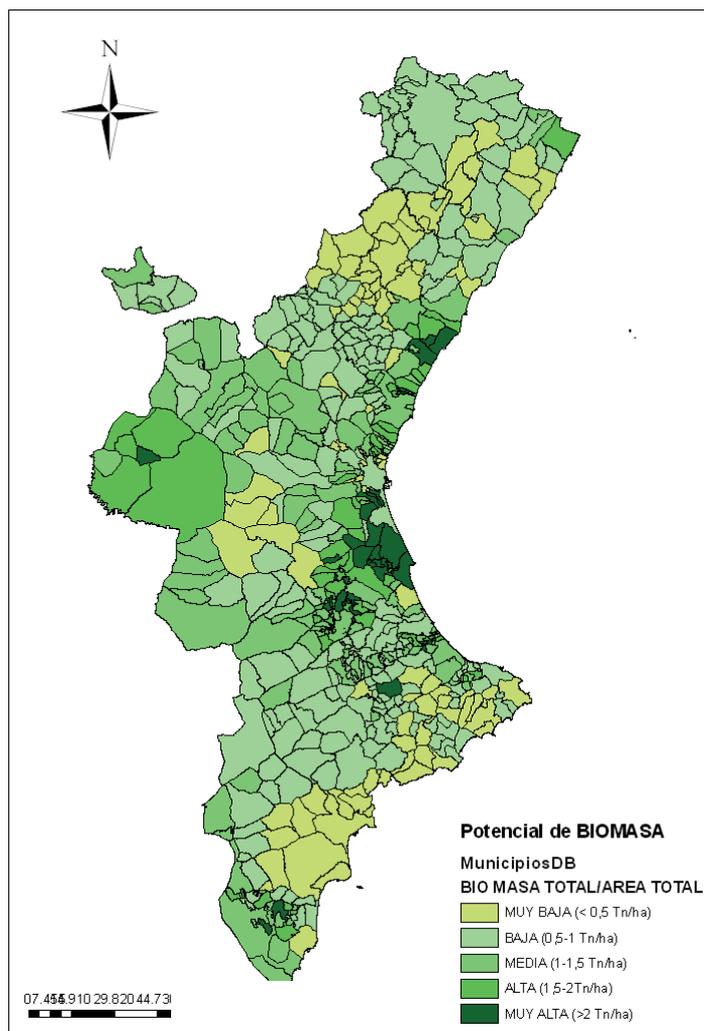


Figura 4-7. Mapa de densidad de biomasa (t/ha) agrícola y forestal de la Comunidad Valenciana.

Cabe destacar que la mayoría de municipios se sitúan en una franja de densidad bastante acotada (0,2 – 2 t/ha) cuando esta se refiere a la densidad según superficie total. Agregando a nivel comarcal, excepto para la comarca de la Ribera Baixa (densidad de 2,18 t/ha), todas la comarcas presentan una densidad en el rango 0,1 – 0,8 t/ha. Este resultado permite concluir que, aunque hay variación

entre comarcas, la biomasa es un recursos disponible y distribuido a pesar de las grandes diferencias que puede haber entre municipios (muy agrícolas, muy urbanos e industriales, forestales de interior, municipios de con predominancia del regadío o el secano, municipios turísticos costeros...).

Como resultado de las consideraciones realizadas en el apartado de cuantificación de potencial procedente de cultivos energéticos y biocarburantes en las Tabla 4-I y Tabla 4-II se muestra cual sería el potencial considerando que la superficie que se destinaría a dichos cultivos es equivalente a aquella que en la actualidad se corresponde con tierras de de labor de secano en barbecho. El potencial mostrado en las tablas corresponde a potencial independiente, es decir, suponiendo que toda la superficie se destina a cultivos para Biodiesel ó Bioetanol o Cultivos Energéticos.

Tabla 4-I. Potencial energético para cultivos energéticos ó biocarburantes en las provincias de Alicante y Castellón.

COMARCA (CÓDIGO)	NOMBRE COMARCA	Superficie barbecho, ha	POTENCIAL ENERGÉTICO INDEPENDIENTE , TEP <sup>a</sup>		
			BIODIESEL	BIOETANOL	CULTIVOS ENERGÉTICOS
326	El Comtat	111	26,7	55,5	604,5
327	L'Alcoià	1100	264,4	550,9	5996,9
328	L'Alt Vinalopó / Alto Vinalopó	3120	749,8	1562,4	17009,0
329	El Vinalopó Mitjà / El Vinalopó Medio	1300	312,5	651,1	7088,5
330	La Marina Alta	228	54,9	114,4	1245,2
331	La Marina Baixa	51	12,3	25,6	279,1
332	L'Alacantí	307	73,7	153,7	1672,7
333	El Baix Vinalopó	1520	365,3	761,2	8287,1
334	El Baix Segura / La Vega Baja	2733	656,7	1368,5	14897,5
1201	Els Ports	1466	456,7	918,0	8907,1
1202	L'Alt Maestrat	575	179,0	359,8	3491,2
1203	El Baix Maestrat	755	235,2	472,8	4587,6
1204	L'Alcalatén	279	87,0	174,9	1697,1
1205	La Plana Alta	287	89,3	179,5	1741,5
1206	La Plana Baixa	137	42,8	86,0	834,5
1207	El Alto Palancia	1160	361,4	726,5	7049,1
1208	El Alto Mijares	264	82,1	165,1	1601,7

<sup>a</sup> TEP, toneladas equivalentes de petróleo

Tabla 4-II. Potencial energético para cultivos energéticos ó biocarburantes en la provincia de Valencia.

COMARCA (CÓDIGO)	NOMBRE COMARCA	Superficie barbecho, ha	POTENCIAL ENERGÉTICO INDEPENDIENTE , TEP		
			BIODIESEL	BIOETANOL	CULTIVOS ENERGÉTICOS
4609	El Rincón de Ademuz	433	129,3	229,5	2531,6
4610	Los Serranos	3227	963,1	1708,8	18850,1
4611	El Camp de Túria	1173	350,0	621,1	6851,1
4612	El Camp de Morvedre	26	7,6	13,5	149,3
4613	L'Horta Nord	127	38,0	67,5	744,1
4614	L'Horta Oest	50	14,8	26,3	289,9
4615	València.	128	38,1	67,7	746,3
4616	L'Horta Sud	236	70,4	124,9	1378,2
4617	La Plana de Utiel-Requena	2978	888,9	1577,1	17397,2
4618	La Hoya de Buñol	1060	316,4	561,4	6192,5
4619	El Valle de Cofrentes-Ayora	2403	717,1	1272,3	14034,8
4620	La Ribera Alta	320	95,5	169,4	1868,5
4621	La Ribera Baixa	229	68,2	121,0	1335,2
4622	La Canal de Navarrés	205	61,1	108,4	1195,3
4623	La Costera	674	201,3	357,1	3939,0
4624	La Vall d'Albaida	1233	367,9	652,8	7200,8
4625	La Safor	11	3,3	5,8	64,3

Tabla 4-III. Potencial energético para cultivos energéticos ó biocarburantes en la Comunidad Valenciana (CV).

PROVINCIA	Superficie barbecho, ha	POTENCIAL ENERGÉTICO INDEPENDIENTE , TEP		
		BIODIESEL	BIOETANOL	CULTIVOS ENERGÉTICOS
ALICANTE	10470	2516	5243	57081
CASTELLON	4924	1533	3083	29910
VALENCIA	14512	4331	7684	84768
<b>TOTAL CV</b>	<b>29906</b>	<b>8381</b>	<b>16010</b>	<b>171759</b>

#### 4.3.1.- Biomasa forestal: cuantificación forestal aproximada y detallada.

Para la provincia de Valencia se realizó la cuantificación forestal detallada (ver punto 3.2.3.2.2) utilizando información del Tercer ciclo del Inventario Forestal Nacional (IFN3<sup>20</sup>). Este inventario se realizó en el periodo 1997 – 2007 y en él se caracterizan todas las superficies forestales de España. Las superficies forestales se clasifican en estratos, se muestrean en diversos puntos y se estima, entre otros, el VCC (volumen con corteza, m<sup>3</sup>) y número de pies de cada especie. La implementación de la metodología para la cuantificación forestal, detallada en el capítulo 3, se implementó en MICROSOFT ACCES. Como resultado se obtuvo la biomasa forestal disponible (considerando el **35% del total potencial obtenido en la metodología detallada**) para cada municipio de la provincia de Valencia y se pudo comparar con la cuantificación realizada utilizando el método aproximado (ver punto 3.2.3.2.1).

Para realizar la comparación de los resultados entre ambas metodologías de cuantificación forestal se ha representado el ratio FD/FA que compara la cantidad de biomasa obtenida mediante el método detallado con la obtenida en el método aproximado, de manera que cuando toma un valor igual a la unidad significa que ambas metodologías proporcionan exactamente el mismo resultado.

La biomasa forestal residual total obtenida con el método aproximado es de 82700 t/año, y con el método detallado el resultado es de 88100 t/año. En este caso el ratio FD/FA tomaría el valor de 1,07, es decir una diferencia del 7% aproximadamente.

En la Figura 4-8 y Figura 4-9 se han comparado los resultados con el ratio FD/FA a nivel comarcal y nivel municipal respectivamente. Además, este ratio se ha representado en función de % de biomasa que es de origen forestal (frente al total de biomasa disponible en la comarca o municipio). Observando los valores obtenidos se puede concluir que cuanto menor es la unidad de superficie analizada (municipio < comarca < provincia) y, sobretodo, cuanto menor es la contribución de biomasa forestal mayores son las diferencias observadas. No obstante, este hecho también permite concluir que cuando la biomasa forestal es abundante y el área de aportación es grande, ambas metodologías permiten obtener resultados similares.

Realmente la metodología aproximada se debería utilizar para macroanálisis y pre-estudios de viabilidad, y la metodología detallada para análisis más exhaustivos (obviamente con unos requerimientos de información y tiempos de análisis mucho mayores).

---

<sup>20</sup> MARM. 2009f. *Tercer Inventario Forestal Nacional (1997-2007)*. Madrid  
[http://www.marm.es/es/biodiversidad/temas/inventarios-nacionales/inventarioforestal-nacional/index\\_Tercer\\_inventario\\_forestal\\_nacional.aspx](http://www.marm.es/es/biodiversidad/temas/inventarios-nacionales/inventarioforestal-nacional/index_Tercer_inventario_forestal_nacional.aspx)

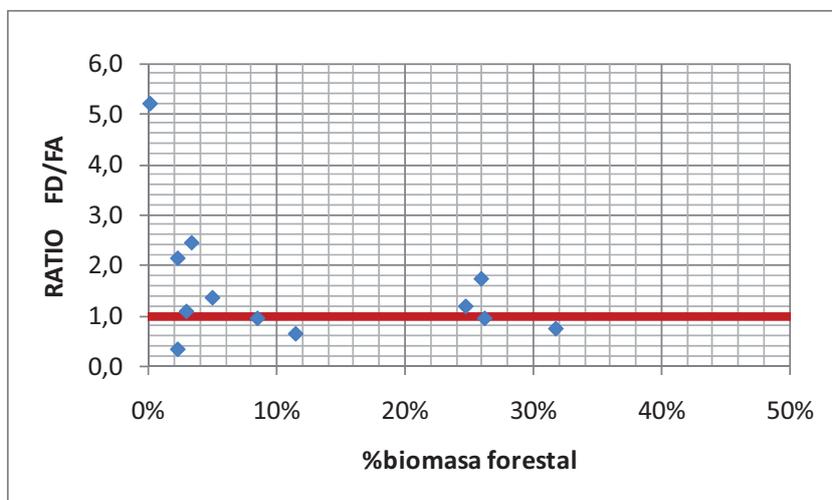


Figura 4-8. Ratio FD/FA a nivel comarcal.

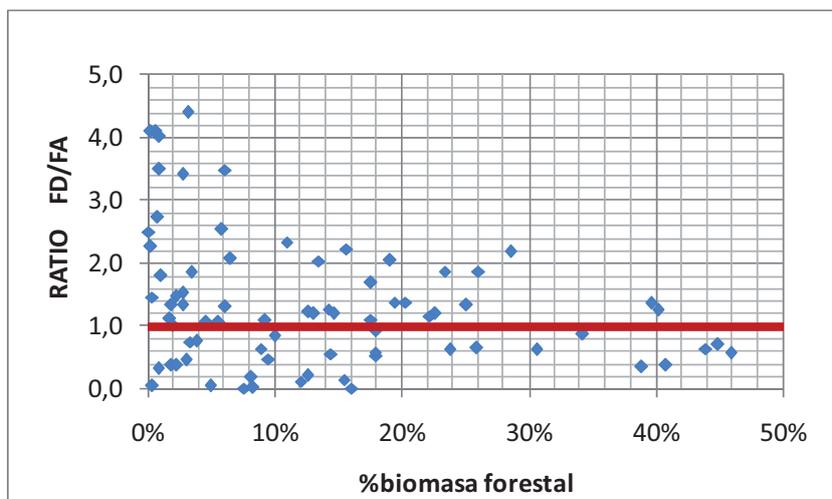


Figura 4-9. Ratio FD/FA a nivel municipal.

#### 4.3.2.- Comparativa con otros inventarios

Aunque no fue posible chequear exhaustivamente los resultados de cuantificación obtenidos a nivel municipal (no existen estudios precedentes disponibles), los totales provinciales y para la Comunidad Autónoma se compararon con otros estudios.

En este punto cabe destacar que la propia metodología se ha basado en algunos estudios anteriores, con los que ahora obviamente no se realizará la comparación, dicha comparación se realizará con fuentes distintas a las seleccionadas en el desarrollo de la metodología presentada en esta tesis.

Tabla 4-IV. Comparación de la biomasa forestal obtenida en varios inventarios.

Provincia ó CCAA	Producción actual de residuos forestales, t/año		
	Fuente A2, 1996	Fuente A3, 2005	Metodología propia
Provincia Alicante	14788	-	25926
Provincia Castellón	38567	-	37313
Provincia Valencia	80386	-	82699
Comunidad Valenciana	133742	191600	145938

Fuente A2: Guía de la Energías Renovables en la Comunidad Valenciana, 1996 Publicación realizada por el IDAE, ISBN: 84-8036-301-0. Puesto que en este estudio se daba el valor de potencial total, dichos valores han sido corregidos con el porcentaje de disponibilidad del 35%

Fuente A3: PER 2005-2010. En este caso los valores se refieren a potencial disponible.

Tabla 4-V. Comparación de la biomasa agrícola obtenida en varios inventarios.

Provincia ó CCAA	Producción actual de residuos agrícolas, t/año		
	Fuente A2, 1996	Fuente A3, 2005	Metodología propia
Comunidad Valenciana	722473	694260	770314

Fuente A2: Guía de la Energías Renovables en la Comunidad Valenciana, 1996 Publicación realizada por el IDAE, ISBN: 84-8036-301-0.

Fuente A3: PER 2005-2010.

Puede concluirse que los resultados obtenidos con la metodología desarrollada están en línea con otros estudios, aun partiendo de un nivel muy pormenorizado como el nivel municipal.

#### **4.4.- Resultados del módulo de logística**

En este módulo se muestran los resultados obtenidos de la implementación de la matriz de distancias (# **Matriz de distancias  $D_{i,j}$ , APROX 1**) descrita en el capítulo 3 (punto 3.3), para la evaluación de los costes de transporte e identificación de ubicaciones óptimas.

##### **4.4.1.- Evaluación de los costes transporte marginal e identificación de ubicaciones óptimas.**

En la Tabla 4-VI, Tabla 4-VII, Tabla 4-VIII y Tabla 4-IX se incluye, para cada comarca, las distancias y costes de transporte marginales de los 4 municipios óptimos (aquellos con menores costes y distancias de transporte). Los costes de transporte marginales (sin incluir inversión en maquinaria de transporte y empaçado) se han calculado considerando la estructura logística de transporte subcontratado con previo empaçado (función de costes FCT3).

Considerando las ubicaciones óptimas, los costes de transporte marginales se situaron en el rango 16 – 20 €/t (tonelada fresca, humedad del 30-40%), que correspondieron a unas distancias de transporte en el rango 7 – 32 km (distancia promedio de sólo ida).

En la Figura 4-10 se muestran los puntos correspondientes a la ubicación (coordenadas UTM) de los municipios óptimos (remarcados en color magenta) .

Puesto que la distancia se estima con una aproximación (APROX1), se compara con el valor real obtenido mediante la utilización de Sistemas de Información Geográfica (GIS). Los valores de distancias y costes, mínimos y máximos, identificados con las siglas GIS se han tomado de los resultados del proyecto BIOVAL<sup>21</sup>.

En la Figura 4-11 y Figura 4-12 se observa la comparación éntrelas distancias obtenidas con la APROX1 y los valores GIS en cuando a la distancia promedio y la óptima para cada comarca. En Figura 4-14 y Figura 4-15 se observa la misma comparación pero con costes (€/t) en lugar de distancias. Se observa que más del 90% de las veces la distancia con la APROX1 estuvo en el rango de la distancia GIS con una diferencia inferior al  $\pm 40\%$ , aunque este diferencia puede parecer elevada, cuando lo expresamos como costes la diferencia es siempre inferior al  $\pm 20\%$  y, en la mayoría de casos, inferior al  $\pm 10\%$

En la Figura 4-13 y Figura 4-16 se realiza la comparación de la aproximación más sencilla, la APROX2, con los valores GIS. En este caso sólo puede compararse la distancia promedio o representativa de la comarca, ya que la APROX2 no permite evaluar cual es la ubicación óptima puesto que sólo tenemos

---

<sup>21</sup> Proyecto BIOVAL- Optimización del Aprovechamiento Energético de los Recursos Biomásicos en la CV (IMCONA/2005/36). Financiado por IMPIVA, 2005-2006.

un valor de distancia representativa de cada comarca (equivalente al diámetro de la circunferencia de área igual a la superficie comarcal). En este caso la distancia promedio calculada con APROX2 también presenta una diferencia del  $\pm 40\%$  cuando nos referimos a distancia, y  $\pm 10\%$  cuando nos referimos a costes. Obviamente utilizar la distancia promedio frente a la correspondiente a los municipios óptimos proporcionará unos costes más elevados y, por tanto, un enfoque más pesimista o conservador a la hora de realizar el análisis de viabilidad.

Los costes correspondientes a las distancias promedio o representativas de cada comarca estuvieron en el rango 18 - 26 €/t frente a 17 - 23 €/t de los municipios óptimos. Esto supone que los municipios óptimos presentan costes un 9-12% inferiores. En términos de distancias la diferencia es sensiblemente mayor ya que en los municipios óptimos la distancia recorrida para recoger la biomasa fue un 28-31% inferior.

Puede concluirse que para distancias inferiores a los 50 km aunque el error cometido en el cálculo de distancias podría alcanzar el 40%, la estimación de costes es muy válida tanto en la APROX1 como en la APROX2 ya que el error cometido fue inferior al 10% en la mayoría de los casos

En el Anexo 2 se han incluido también resultados cartográficos del citado proyecto, estos resultados proporcionan la cartografía de apoyo para mostrar el contorno y ubicación de las comarcas analizadas y, además, muestra los puntos que se identificaron como óptimos en dicho proyecto

Tabla 4-VI. Costes de transporte (marginales) óptimos en comarcas de ALICANTE.

CÓDIGO COMARCA	NOMBRE COMARCA	CÓDIGO MUNICIPIO	NOMBRE MUNICIPIO	COSTE TRANSPORTE €/t	DISTANCIA TRANSP., km
326	El Comtat	3.175	Benillup	17,3	11,22
326	El Comtat	3.425	Millena	17,37	11,55
326	El Comtat	3.185	Benimarfull	17,37	11,55
326	El Comtat	3.075	Almudaina	17,38	11,59
327	L'Alcoià	3.390	Ibi	18,1	15,12
327	L'Alcoià	3.470	Onil	18,37	16,48
327	L'Alcoià	3.260	Castalla	18,93	19,23
327	L'Alcoià	3.045	Alcoi / Alcoy	19,08	20,01
328	L'Alt Vinalopó / Alto Vinalopó	3.255	Cañada	18,22	15,75
328	L'Alt Vinalopó / Alto Vinalopó	3.250	Campo de Mirra	18,67	17,96
328	L'Alt Vinalopó / Alto Vinalopó	3.600	Sax	18,86	18,88
328	L'Alt Vinalopó / Alto Vinalopó	3.210	Biar	18,89	19,05
329	El Vinalopó Mitjà / El Vinalopó Medio	3.555	Romana, la	18,66	17,89
329	El Vinalopó Mitjà / El Vinalopó Medio	3.435	Monòver / Monóvar	18,77	18,46
329	El Vinalopó Mitjà / El Vinalopó Medio	3.455	Novelda	19,09	20,01
329	El Vinalopó Mitjà / El Vinalopó Medio	3.325	Elda	19,4	21,55
330	La Marina Alta	3.145	Benidoleig	18,04	14,86
330	La Marina Alta	3.590	Sanet y Negrals	18,08	15,06
330	La Marina Alta	3.125	Beniarbeig	18,13	15,32
330	La Marina Alta	3.640	Tormos	18,16	15,46
331	La Marina Baixa	3.180	Benimantell	18,17	15,47
331	La Marina Baixa	3.340	Finestrat	18,26	15,92
331	La Marina Baixa	3.605	Sella	18,3	16,12
331	La Marina Baixa	3.525	Polop	18,31	16,16
332	L'Alacantí	3.585	San Vicente del Raspeig	18,68	18,02
332	L'Alacantí	3.225	Busot	18,72	18,21
332	L'Alacantí	3.440	Mutxamel	18,76	18,41
332	L'Alacantí	3.410	Xixona / Jijona	18,85	18,83
333	El Baix Vinalopó	3.595	Santa Pola	18,58	17,52
333	El Baix Vinalopó	3.320	Elx / Elche	18,7	18,09
333	El Baix Vinalopó	3.290	Crevillent	18,76	18,4
334	El Baix Segura / La Vega Baja	3.215	Bigastro	17,63	12,82
334	El Baix Segura / La Vega Baja	3.395	Jacarilla	17,86	13,97
334	El Baix Segura / La Vega Baja	3.115	Benejúzar	17,87	13,99
334	El Baix Segura / La Vega Baja	3.530	Rafal	17,98	14,57

Tabla 4-VII. Costes de transporte (marginales) óptimos en comarcas de CASTELLÓN.

CÓDIGO COMARCA	NOMBRE COMARCA	CÓDIGO MUNICIPIO	NOMBRE MUNICIPIO	COSTE TRANSPORTE €/t	DISTANCIA TRANSP., km
1201	Els Ports	12.210	Cinctorres	19,15	20,35
1201	Els Ports	12.290	Forcall	19,22	20,66
1201	Els Ports	12.385	Morella	19,4	21,58
1201	Els Ports	12.670	Villores	19,45	21,8
1202	L'Alt Maestrat	12.125	Benasal	18,53	17,26
1202	L'Alt Maestrat	12.655	Vilar de Canes	18,54	17,3
1202	L'Alt Maestrat	12.070	Ares del Maestre	18,71	18,15
1202	L'Alt Maestrat	12.570	Torre d'En Besora, la	18,91	19,12
1203	El Baix Maestrat	12.335	Jana, la	19,35	21,34
1203	El Baix Maestrat	12.590	Traiguera	19,42	21,64
1203	El Baix Maestrat	12.165	Càlig	19,45	21,82
1203	El Baix Maestrat	12.480	Sant Jordi / San Jorge	19,48	21,94
1204	L'Alcalatén	12.005	Atzeneta del Maestrat	18,14	15,35
1204	L'Alcalatén	12.120	Benafigos	18,4	16,64
1204	L'Alcalatén	12.260	Xodos / Chodos	18,47	16,99
1204	L'Alcalatén	12.595	Useres, les / Useras	18,74	18,31
1205	La Plana Alta	12.455	Pobla Tornesa, la	19,17	20,41
1205	La Plana Alta	12.135	Benicàssim / Benicasim	19,59	22,53
1205	La Plana Alta	12.160	Cabanes	19,62	22,68
1205	La Plana Alta	12.600	Vall d'Alba	19,66	22,82
1206	La Plana Baixa	12.665	Vilavella, la	17,7	13,15
1206	La Plana Baixa	12.901	Alquerías del Niño Perdido	17,85	13,93
1206	La Plana Baixa	12.395	Nules	17,9	14,18
1206	La Plana Baixa	12.105	Betxi	17,92	14,24
1207	El Alto Palancia	12.340	Jérica	18,75	18,35
1207	El Alto Palancia	12.685	Viver	19,07	19,95
1207	El Alto Palancia	12.390	Navajas	19,13	20,25
1207	El Alto Palancia	12.535	Teresa	19,17	20,44
1208	El Alto Mijares	12.065	Arañuel	18,12	15,25
1208	El Alto Mijares	12.695	Zucaina	18,27	16,01
1208	El Alto Mijares	12.215	Cirat	18,4	16,63
1208	El Alto Mijares	12.380	Montanejos	18,54	17,33

Tabla 4-VIII. Costes de transporte (marginales) óptimos en comarcas de VALENCIA.

CÓDIGO COMARCA	NOMBRE COMARCA	CÓDIGO MUNICIPIO	NOMBRE MUNICIPIO	COSTE TRANSPORTE €/t	DISTANCIA TRANSP., km
4609	El Rincón de Ademuz	46.726	Torrebaja	16,95	9,47
4609	El Rincón de Ademuz	46.261	Casas Altas	17,36	11,48
4609	El Rincón de Ademuz	46.003	Ademuz	17,61	12,72
4609	El Rincón de Ademuz	46.264	Casas Bajas	17,8	13,68
4610	Los Serranos	46.237	Calles	19,67	22,89
4610	Los Serranos	46.318	Chelva	19,87	23,88
4610	Los Serranos	46.342	Domeño	20,1	25,04
4610	Los Serranos	46.741	Tuéjar	20,4	26,49
4611	El Camp de Túria	46.201	Benisanó	18,29	16,09
4611	El Camp de Túria	46.603	Pobla de Vallbona, la	18,51	17,19
4611	El Camp de Túria	46.153	Benaguasil	18,6	17,61
4611	El Camp de Túria	46.546	Olocau	18,69	18,07
4612	El Camp de Morvedre	46.576	Petrés	16,46	7,06
4612	El Camp de Morvedre	46.174	Benifairó de les Valls	16,61	7,77
4612	El Camp de Morvedre	46.366	Faura	16,81	8,76
4612	El Camp de Morvedre	46.402	Gilet	16,96	9,53
4617	La Plana de Utiel-Requena	46.285	Caudete de las Fuentes	19,71	23,12
4617	La Plana de Utiel-Requena	46.747	Utiel	20,64	27,68
4617	La Plana de Utiel-Requena	46.387	Fuenterrobles	20,86	28,78
4617	La Plana de Utiel-Requena	46.759	Venta del Moro	21,36	31,26
4618	La Hoya de Buñol	46.333	Chiva	18,44	16,85
4618	La Hoya de Buñol	46.408	Godella	18,66	17,92
4618	La Hoya de Buñol	46.231	Buñol	18,72	18,22
4618	La Hoya de Buñol	46.327	Cheste	18,73	18,24
4619	El Valle de Cofrentes-Ayora	46.786	Zarra	18,43	16,78
4619	El Valle de Cofrentes-Ayora	46.432	Jarafuel	18,64	17,8
4619	El Valle de Cofrentes-Ayora	46.717	Teresa de Cofrentes	19,11	20,12
4619	El Valle de Cofrentes-Ayora	46.426	Jalance	19,17	20,43

Tabla 4-VIII. Costes de transporte (marginales) óptimos en comarcas de VALENCIA (CONT.).

CÓDIGO COMARCA	NOMBRE COMARCA	CÓDIGO MUNICIPIO	NOMBRE MUNICIPIO	COSTE TRANSPORTE €/t	DISTANCIA TRANSP., km
4620	La Ribera Alta	46.057	Alcúdia, l'	18,47	16,99
4620	La Ribera Alta	46.417	Guadassuar	18,5	17,12
4620	La Ribera Alta	46.486	Masalavés	18,51	17,15
4620	La Ribera Alta	46.192	Benimuslem	18,58	17,5
4621	La Ribera Baixa	46.645	Riola	17,09	10,17
4621	La Ribera Baixa	46.024	Albalat de la Ribera	17,21	10,75
4621	La Ribera Baixa	46.375	Fortaleny	17,24	10,88
4621	La Ribera Baixa	46.705	Sueca	17,37	11,54
4622	La Canal de Navarrés	46.219	Bolbaite	17,89	14,1
4622	La Canal de Navarrés	46.321	Chella	18,39	16,57
4622	La Canal de Navarrés	46.618	Quesa	18,58	17,5
4622	La Canal de Navarrés	46.537	Navarrés	18,77	18,44
4623	La Costera	46.750	Vallada	19,47	21,9
4623	La Costera	46.522	Montesa	19,52	22,17
4623	La Costera	46.060	Alcúdia de Crespins, l'	19,75	23,29
4623	La Costera	46.243	Canals	19,8	23,53
4624	La Vall d'Albaida	46.012	Agullent	18,92	19,22
4624	La Vall d'Albaida	46.018	Albaida	18,97	19,44
4624	La Vall d'Albaida	46.204	Benissoda	18,99	19,53
4624	La Vall d'Albaida	46.225	Bufali	19,03	19,76
4625	La Safor	46.198	Benirredrà	17,8	13,68
4625	La Safor	46.633	Real de Gandía	17,84	13,89
4625	La Safor	46.393	Gandia	17,87	14,01
4625	La Safor	46.438	Xeresa	17,94	14,36
4600A01	L'HORTA	-	Valencia	18,43	16,79

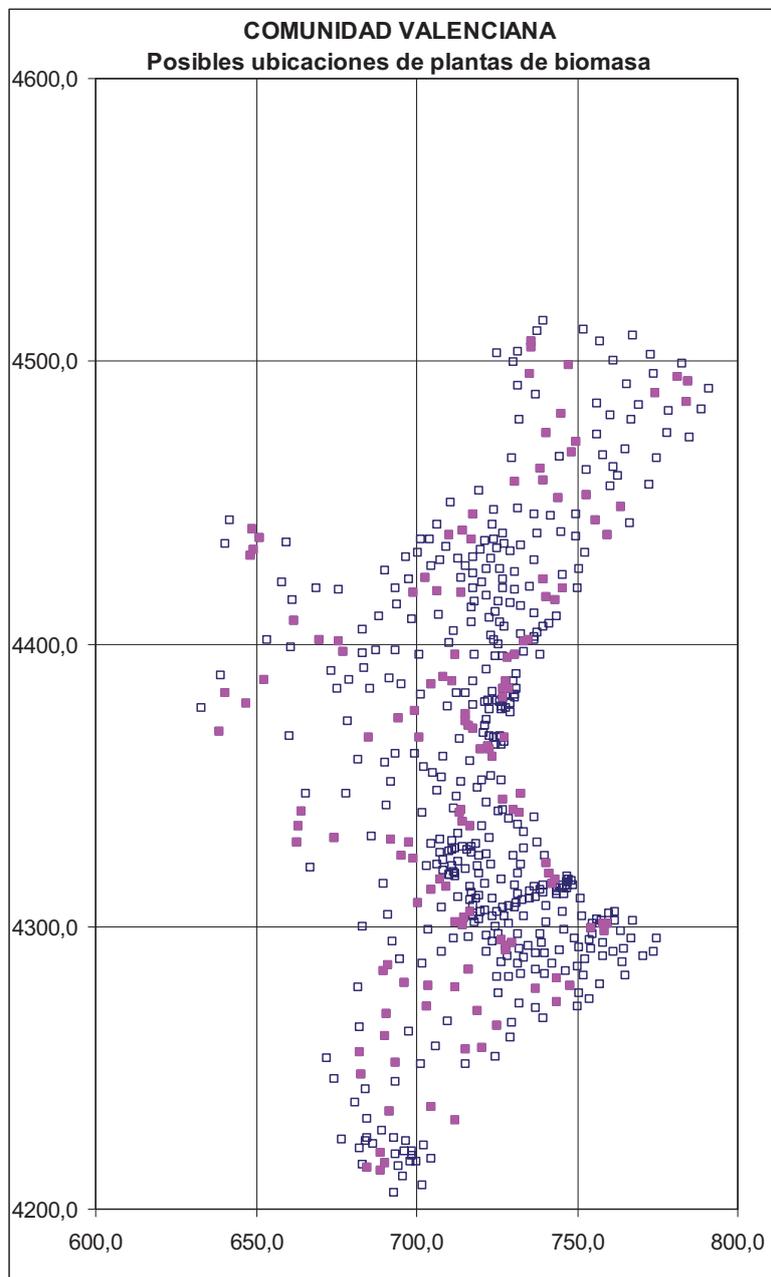


Figura 4-10. Ubicaciones óptimas de las plantas de biomasa de la Comunidad Valenciana. Coordenadas UTM.

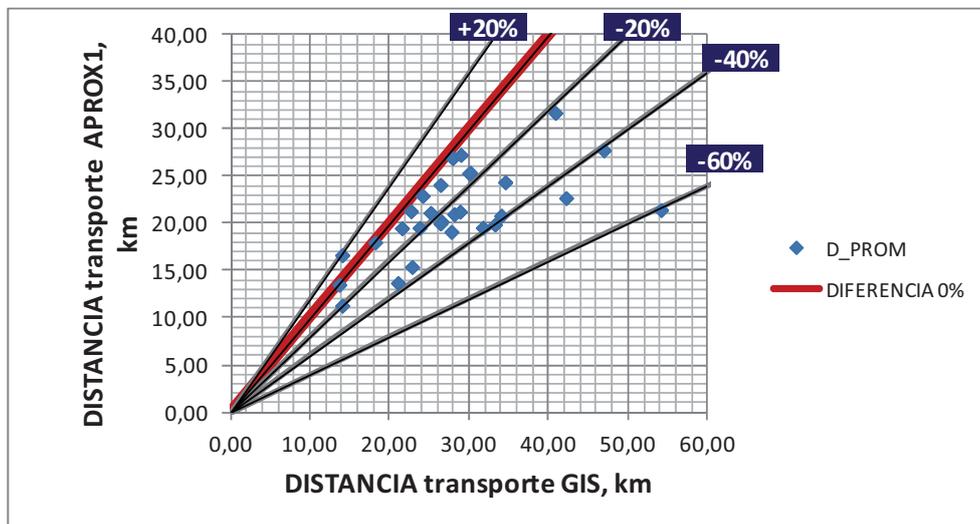


Figura 4-11. Comparación entre APROX1 y GIS. DISTANCIA promedio.

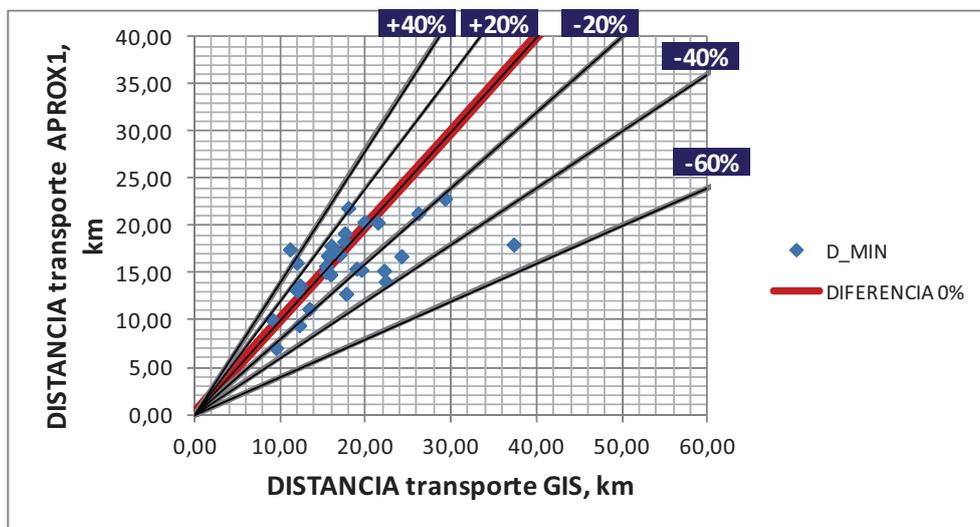


Figura 4-12. Comparación entre APROX1 y GIS. DISTANCIA mínima (óptimo).

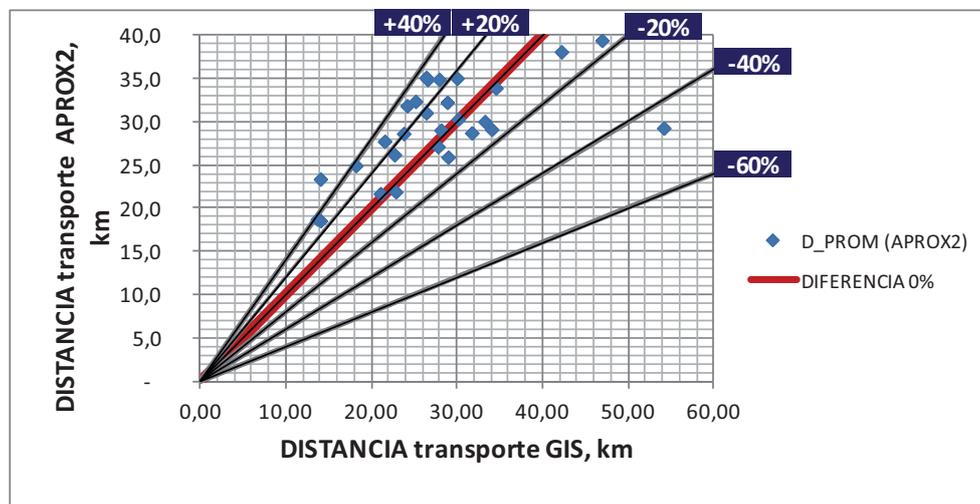


Figura 4-13. Comparación entre APROX2 y GIS. DISTANCIA promedio (Para APROX2 es la llamada distancia representativa).

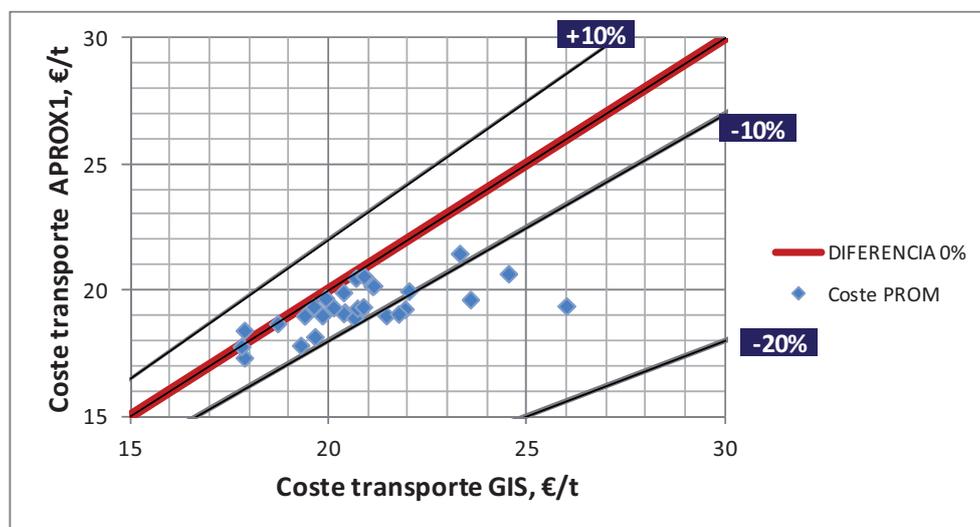


Figura 4-14. Comparación entre APROX1 y GIS. COSTE promedio.

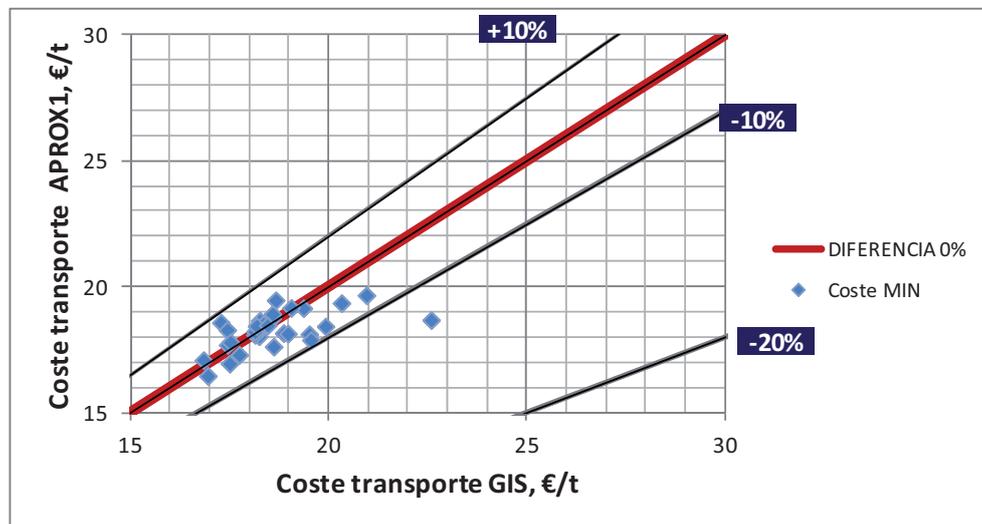


Figura 4-15. Comparación entre APROX1 y GIS. COSTE mínimo (óptimo)

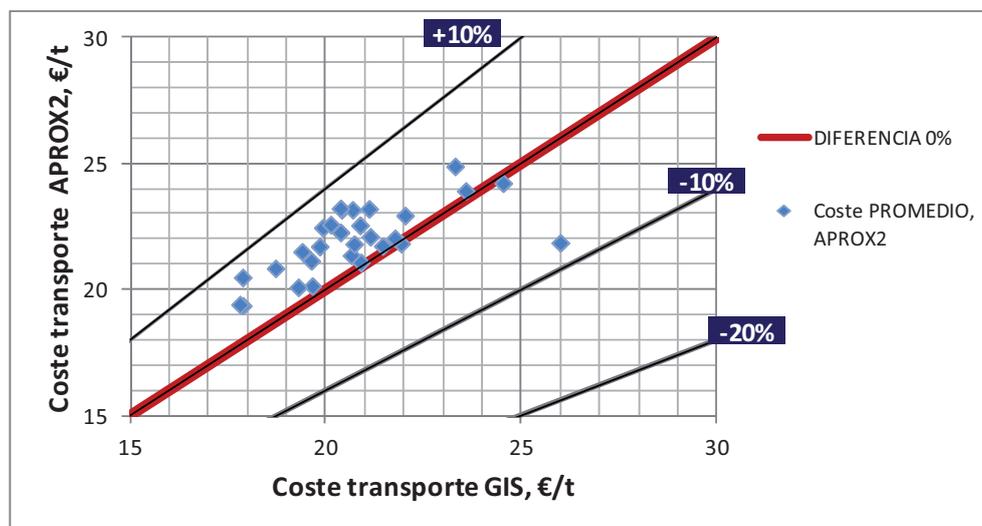


Figura 4-16. Comparación entre APROX2 y GIS. COSTE promedio

#### 4.4.2.- Evaluación de los costes totales de transporte (CTT).

En este apartado se presentarán los resultados de los costes de transporte específicos o totales (CTT) teniendo en cuenta la vida útil de los vehículos y maquinaria involucrados, y el coste de adquisición de los mismos. Además, como se detalló en el punto 3.3.2, se incluirá en estos costes el impacto que la estacionalidad de la biomasa provoca en los mismos.

La estructura logística considerada es, como en el caso anterior, la de transporte en camiones subcontratados con previo empacado de la biomasa.

En la Tabla 4-IX, Tabla 4-X y Tabla 4-XI y se incluyen los resultados de los costes de transporte totales para los 4 municipios óptimos de cada comarca. Estos costes han sido calculados en base al **tiempo de operación efectivo** de la estructura logística que, a su vez, se calcula en base al tiempo de operación anual teórico (3000 h/año) y **la estacionalidad de la biomasa** (DESVEST, desviación estándar del aporte mensual de biomasa a la planta). Como criterio de diseño de la estructura logística se ha utilizado el mes máximo (mes MAX, ver punto 3.3.2: Impacto de la estacionalidad).

Considerando las ubicaciones óptimas, los costes totales de transporte se situaron en el rango 17 – 30 €/t (por tonelada fresca, humedad del 30-40%), que correspondieron a unas distancias de transporte en el rango 7 – 32 km (distancia promedio de sólo ida). Frente los costes marginales (en el rango 16-20 €/t, que no incluyen amortización de la inversión en la maquinaria de transporte y compactación), se observa que, obviamente, los costes son mayores y, además, la variabilidad es sensiblemente mayor debido a las consideraciones realizadas sobre la estacionalidad. Los valores de estacionalidad, expresados como desviación estándar en porcentaje sobre el aporte promedio, son muy variables yendo desde el 36% hasta el 254%.

Como cálculo adicional se evaluaron los costes totales de transporte multiplicando la distancia óptima por 2, pero manteniendo obviamente las características de la biomasa en cuanto a estacionalidad, el resultado fue que los costes fueron sólo un 3,1% mayores en promedio (valores en el rango 0,3-10%). Esto sugiere que, aunque la distancia incide sobre el coste de transporte, son la estacionalidad y los costes de compactación, carga y descarga los factores que mayor peso tienen sobre el coste total de la biomasa puesta en planta.

Los costes totales de transporte observados sugieren, para desarrollos futuros, tener en cuenta asociaciones de comarcas y distancias de transporte, que aunque más largas, permitan diversificar los tipos de biomasa y obtener estacionalidades menos severas. De este modo posiblemente se alcancen costes de transporte menores o iguales aunque se recorran distancias mayores y, probablemente, la economía de escala de las plantas incremente la viabilidad económica de las aplicaciones.

Tabla 4-IX. Costes de transporte TOTAL (CTT). Óptimos en comarcas de ALICANTE.

CÓDIGO COMARCA	CÓDIGO MUNICIPIO	NOMBRE MUNICIPIO	DISTANCIA TRANSP., km	DESVEST, %	TIEMPO EFECTIVO, h/año	CTT, €/t
326	3.175	Benillup	11,22	141%	688	21,98
326	3.425	Millena	11,55	141%	688	22,06
326	3.185	Benimarfull	11,55	141%	688	22,06
326	3.075	Almudaina	11,59	141%	688	22,07
327	3.390	Ibi	15,12	86%	1125	19,80
327	3.470	Onil	16,48	86%	1125	20,14
327	3.260	Castalla	19,23	86%	1125	20,85
327	3.045	Alcoi / Alcoy	20,01	86%	1125	21,05
328	3.255	Cañada	15,75	118%	849	21,56
328	3.250	Campo de Mirra	17,96	118%	849	22,14
328	3.600	Sax	18,88	118%	849	22,38
328	3.210	Biar	19,05	118%	849	22,43
329	3.555	Romana, la	17,89	116%	864	22,00
329	3.435	Monóver / Monóvar	18,46	116%	864	22,15
329	3.455	Novelda	20,01	116%	864	22,56
329	3.325	Elda	21,55	116%	864	22,98
330	3.145	Benidoleig	14,86	69%	1296	19,09
330	3.590	Sanet y Negrals	15,06	69%	1296	19,14
330	3.125	Beniarbeig	15,32	69%	1296	19,20
330	3.640	Tormos	15,46	69%	1296	19,24
331	3.180	Benimantell	15,47	59%	1404	18,91
331	3.340	Finestrat	15,92	59%	1404	19,02
331	3.605	Sella	16,12	59%	1404	19,07
331	3.525	Polop	16,16	59%	1404	19,08
332	3.585	San Vicente del Raspeig	18,02	70%	1285	19,91
332	3.225	Busot	18,21	70%	1285	19,96
332	3.440	Mutxamel	18,41	70%	1285	20,01
332	3.410	Xixona / Jijona	18,83	70%	1285	20,12
333	3.595	Santa Pola	17,52	51%	1495	19,18
333	3.320	Elx / Elche	18,09	51%	1495	19,32
333	3.290	Crevillent	18,4	51%	1495	19,40
334	3.215	Bigastro	12,82	101%	988	19,92
334	3.395	Jacarilla	13,97	101%	988	20,20
334	3.115	Benejúzar	13,99	101%	988	20,20

Tabla 4-X. Costes de transporte TOTAL (CTT). Óptimos en comarcas de CASTELLÓN.

CÓDIGO COMARCA	CÓDIGO MUNICIPIO	NOMBRE MUNICIPIO	DISTANCIA TRANSP., km	DESVEST, %	TIEMPO EFECTIVO, h/año	CTT, €/t
1201	12.210	Cinctorres	20,35	36%	1676	19,48
1201	12.290	Forcall	20,66	36%	1676	19,56
1201	12.385	Morella	21,58	36%	1676	19,80
1201	12.670	Villores	21,8	36%	1676	19,85
1202	12.125	Benasal	17,26	85%	1134	20,30
1202	12.655	Vilar de Canes	17,3	85%	1134	20,31
1202	12.070	Ares del Maestre	18,15	85%	1134	20,53
1202	12.570	Torre d'En Besora, la	19,12	85%	1134	20,78
1203	12.335	Jana, la	21,34	87%	1115	21,45
1203	12.590	Traiguera	21,64	87%	1115	21,52
1203	12.165	Càlig	21,82	87%	1115	21,57
1203	12.480	Sant Jordi / San Jorge	21,94	87%	1115	21,60
1204	12.005	Atzeneta del Maestrat	15,35	90%	1087	20,03
1204	12.120	Benafigos	16,64	90%	1087	20,36
1204	12.260	Xodos / Chodos	16,99	90%	1087	20,44
1204	12.595	Useres, les / Useras	18,31	90%	1087	20,78
1205	12.455	Pobla Tornesa, la	20,41	70%	1285	20,53
1205	12.135	Benicàssim / Benicasim	22,53	70%	1285	21,08
1205	12.160	Cabanes	22,68	70%	1285	21,12
1205	12.600	Vall d'Alba	22,82	70%	1285	21,16
1206	12.665	Vilavella, la	13,15	83%	1154	19,20
1206	12.901	Alquerías del Niño Perdido	13,93	83%	1154	19,38
1206	12.395	Nules	14,18	83%	1154	19,45
1206	12.105	Betxi	14,24	83%	1154	19,46
1207	12.340	Jérica	18,35	76%	1223	20,22
1207	12.685	Viver	19,95	76%	1223	20,63
1207	12.390	Navajas	20,25	76%	1223	20,71
1207	12.535	Teresa	20,44	76%	1223	20,76
1208	12.065	Arañuel	15,25	43%	1590	18,39
1208	12.695	Zucaina	16,01	43%	1590	18,58
1208	12.215	Cirat	16,63	43%	1590	18,73
1208	12.380	Montanejos	17,33	43%	1590	18,90

Tabla 4-XI. Costes de transporte TOTAL (CTT). Óptimos en comarcas de VALENCIA.

CÓDIGO COMARCA	CÓDIGO MUNICIPIO	NOMBRE MUNICIPIO	DISTANCIA TRANSP., km	DESVEST, %	TIEMPO EFECTIVO, h/año	CTT, €/t
4609	46.726	Torrebaja	9,47	68%	1306	17,77
4609	46.261	Casas Altas	11,48	68%	1306	18,24
4609	46.003	Ademuz	12,72	68%	1306	18,53
4609	46.264	Casas Bajas	13,68	68%	1306	18,76
4610	46.237	Calles	22,89	57%	1427	20,73
4610	46.318	Chelva	23,88	57%	1427	20,99
4610	46.342	Domeño	25,04	57%	1427	21,30
4610	46.741	Tuéjar	26,49	57%	1427	21,68
4611	46.201	Benisanó	16,09	70%	1285	19,43
4611	46.603	Pobla de Vallbona, la	17,19	70%	1285	19,70
4611	46.153	Benaguasil	17,61	70%	1285	19,81
4611	46.546	Olocau	18,07	70%	1285	19,93
4612	46.576	Petrés	7,06	81%	1173	17,71
4612	46.174	Benifairó de les Valls	7,77	81%	1173	17,87
4612	46.366	Faura	8,76	81%	1173	18,09
4612	46.402	Gilet	9,53	81%	1173	18,26
4617	46.285	Caudete de las Fuentes	23,12	130%	761	24,32
4617	46.747	Utiel	27,68	130%	761	25,64
4617	46.387	Fuenterrobles	28,78	130%	761	25,97
4617	46.759	Venta del Moro	31,26	130%	761	26,71
4618	46.333	Chiva	16,85	88%	1106	20,32
4618	46.408	Godolleta	17,92	88%	1106	20,60
4618	46.231	Buñol	18,22	88%	1106	20,67
4618	46.327	Cheste	18,24	88%	1106	20,68
4619	46.786	Zarra	16,78	59%	1404	19,23
4619	46.432	Jarafuel	17,8	59%	1404	19,49
4619	46.717	Teresa de Cofrentes	20,12	59%	1404	20,08
4619	46.426	Jalance	20,43	59%	1404	20,16

Tabla 4 XI. Costes de transporte TOTAL (CTT). Óptimos en comarcas de VALENCIA (CONT.)

CÓDIGO COMARCA	CÓDIGO MUNICIPIO	NOMBRE MUNICIPIO	DISTANCIA TRANSP., km	DESVEST, %	TIEMPO EFECTIVO, h/año	CTT, €/t
4620	46.057	Alcúdia, l'	16,99	89%	1096	20,40
4620	46.417	Guadassuar	17,12	89%	1096	20,43
4620	46.486	Masalavés	17,15	89%	1096	20,44
4620	46.192	Benimuslem	17,5	89%	1096	20,53
4621	46.645	Riola	10,17	254%	349	29,54
4621	46.024	Albalat de la Ribera	10,75	254%	349	29,66
4621	46.375	Fortaleny	10,88	254%	349	29,69
4621	46.705	Sueca	11,54	254%	349	29,84
4622	46.219	Bolbaite	14,1	73%	1254	19,04
4622	46.321	Chella	16,57	73%	1254	19,66
4622	46.618	Quesa	17,5	73%	1254	19,89
4622	46.537	Navarrés	18,44	73%	1254	20,13
4623	46.750	Vallada	21,9	70%	1285	20,92
4623	46.522	Montesa	22,17	70%	1285	20,99
4623	46.060	Alcúdia de Crespins, l'	23,29	70%	1285	21,28
4623	46.243	Canals	23,53	70%	1285	21,35
4624	46.012	Agullent	19,22	122%	819	22,72
4624	46.018	Albaida	19,44	122%	819	22,78
4624	46.204	Benissoda	19,53	122%	819	22,80
4624	46.225	Bufali	19,76	122%	819	22,86
4625	46.198	Benirredrà	13,68	110%	912	20,59
4625	46.633	Real de Gandía	13,89	110%	912	20,65
4625	46.393	Gandía	14,01	110%	912	20,67
4625	46.438	Xeresa	14,36	110%	912	20,76
4600A01	-	-	16,79	93%	1059	20,53

#### **4.4.3.- Evaluación de emisiones asociadas al transporte.**

En este apartado, en la Tabla 4-XII, Tabla 4-XIII y Tabla 4-XIV se presentan los resultados de las emisiones asociadas al transporte según las ecuaciones presentadas en el punto 3.6 (ver Tabla 3-LXIX).

Las emisiones asociadas al transporte (según las APROX1) estuvieron en el rango 12 – 17 kg CO<sub>2</sub> / t (por tonelada de biomasa fresca transportada) considerando la ubicación óptima y 13 – 19 kg CO<sub>2</sub> / t considerando la distancia promedio de la comarca (promedio de las distancias que se recorrerían considerando cada municipio como una posible ubicación de la planta). Esto significa que el no utilizar las ubicaciones óptimas incrementa las emisiones en un 5 – 14%,

Se realizaron las mismas comparaciones (entre distancia de transporte según ubicaciones óptimas y la distancia promedio de la comarca) con datos de distancias GIS, siempre obtenidas del proyecto BIOVAL, las emisiones del transporte estuvieron en el rango 11 – 20 kg CO<sub>2</sub> / t para las ubicaciones óptimas y 11 – 24 kg CO<sub>2</sub> / t considerando la distancia promedio de la comarca, es decir, el no utilizar las ubicaciones óptimas supuso un incremento de emisiones del 3 – 29%.

Las diferencias observadas entre la utilización del método APROX1 y los valores GIS para la estimación de emisiones muestran que los valores procedentes de APROX1 presentan una diferencia en el rango +10% / - 25% respecto a los valores GIS.

Tabla 4-XII. Emisiones del transporte. Óptimos en comarcas de ALICANTE.

CÓDIGO COMARCA	CÓDIGO MUNICIPIO	NOMBRE MUNICIPIO	DISTANCIA TRANSP., km	EMISIONES, Kg_CO <sub>2</sub> /t
326	3.175	Benillup	11,22	13,86
326	3.425	Millena	11,55	13,95
326	3.185	Benimarfull	11,55	13,95
326	3.075	Almudaina	11,59	13,96
327	3.390	Ibi	15,12	14,82
327	3.470	Onil	16,48	15,15
327	3.260	Castalla	19,23	15,83
327	3.045	Alcoi / Alcoy	20,01	16,02
328	3.255	Cañada	15,75	14,97
328	3.250	Campo de Mirra	17,96	15,52
328	3.600	Sax	18,88	15,74
328	3.210	Biar	19,05	15,78
329	3.555	Romana, la	17,89	15,50
329	3.435	Monóvar / Monóvar	18,46	15,64
329	3.455	Novelda	20,01	16,02
329	3.325	Elda	21,55	16,40
330	3.145	Benidoleig	14,86	14,76
330	3.590	Sanet y Negrals	15,06	14,81
330	3.125	Beniarbeig	15,32	14,87
330	3.640	Tormos	15,46	14,90
331	3.180	Benimantell	15,47	14,91
331	3.340	Finestrat	15,92	15,02
331	3.605	Sella	16,12	15,07
331	3.525	Polop	16,16	15,08
332	3.585	San Vicente del Raspeig	18,02	15,53
332	3.225	Busot	18,21	15,58
332	3.440	Mutxamel	18,41	15,63
332	3.410	Xixona / Jijona	18,83	15,73
333	3.595	Santa Pola	17,52	15,41
333	3.320	Elx / Elche	18,09	15,55
333	3.290	Crevillent	18,4	15,62
334	3.215	Bigastro	12,82	14,26
334	3.395	Jacarilla	13,97	14,54
334	3.115	Benejúzar	13,99	14,54

Tabla 4-XIII. Emisiones del transporte. Óptimos en comarcas de CASTELLÓN.

CÓDIGO COMARCA	CÓDIGO MUNICIPIO	NOMBRE MUNICIPIO	DISTANCIA TRANSP., km	EMISIONES, Kg_CO <sub>2</sub> /t
1201	12.210	Cinctorres	20,35	16,10
1201	12.290	Forcall	20,66	16,18
1201	12.385	Morella	21,58	16,40
1201	12.670	Villores	21,8	16,46
1202	12.125	Benasal	17,26	15,34
1202	12.655	Vilar de Canes	17,3	15,35
1202	12.070	Ares del Maestre	18,15	15,56
1202	12.570	Torre d'En Besora, la	19,12	15,80
1203	12.335	Jana, la	21,34	16,34
1203	12.590	Traiguera	21,64	16,42
1203	12.165	Càlig	21,82	16,46
1203	12.480	Sant Jordi / San Jorge	21,94	16,49
1204	12.005	Atzeneta del Maestrat	15,35	14,88
1204	12.120	Benafigos	16,64	15,19
1204	12.260	Xodos / Chodos	16,99	15,28
1204	12.595	Useres, les / Useras	18,31	15,60
1205	12.455	Pobla Tornesa, la	20,41	16,12
1205	12.135	Benicàssim / Benicasim	22,53	16,64
1205	12.160	Cabanes	22,68	16,67
1205	12.600	Vall d'Alba	22,82	16,71
1206	12.665	Vilavella, la	13,15	14,34
1206	12.901	Alquerías del Niño Perdido	13,93	14,53
1206	12.395	Nules	14,18	14,59
1206	12.105	Betxi	14,24	14,60
1207	12.340	Jérica	18,35	15,61
1207	12.685	Viver	19,95	16,00
1207	12.390	Navajas	20,25	16,08
1207	12.535	Teresa	20,44	16,12
1208	12.065	Arañuel	15,25	14,85
1208	12.695	Zucaina	16,01	15,04
1208	12.215	Cirat	16,63	15,19
1208	12.380	Montanejos	17,33	15,36

Tabla 4-XIV. Emisiones del transporte. Óptimos en comarcas de VALENCIA.

CÓDIGO COMARCA	CÓDIGO MUNICIPIO	NOMBRE MUNICIPIO	DISTANCIA TRANSP., km	EMISIONES, Kg_CO <sub>2</sub> /t
4609	46.726	Torrebaja	9,47	13,44
4609	46.261	Casas Altas	11,48	13,93
4609	46.003	Ademuz	12,72	14,23
4609	46.264	Casas Bajas	13,68	14,47
4610	46.237	Calles	22,89	16,72
4610	46.318	Chelva	23,88	16,97
4610	46.342	Domeño	25,04	17,25
4610	46.741	Tuéjar	26,49	17,61
4611	46.201	Benisanó	16,09	15,06
4611	46.603	Pobla de Vallbona, la	17,19	15,33
4611	46.153	Benaguasil	17,61	15,43
4611	46.546	Olocau	18,07	15,54
4612	46.576	Petrés	7,06	12,85
4612	46.174	Benifairó de les Valls	7,77	13,02
4612	46.366	Faura	8,76	13,26
4612	46.402	Gilet	9,53	13,45
4617	46.285	Caudete de las Fuentes	23,12	16,78
4617	46.747	Utiel	27,68	17,90
4617	46.387	Fuenterrobles	28,78	18,17
4617	46.759	Venta del Moro	31,26	18,77
4618	46.333	Chiva	16,85	15,24
4618	46.408	Godolleta	17,92	15,51
4618	46.231	Buñol	18,22	15,58
4618	46.327	Cheste	18,24	15,58
4619	46.786	Zarra	16,78	15,23
4619	46.432	Jarafuel	17,8	15,48
4619	46.717	Teresa de Cofrentes	20,12	16,05
4619	46.426	Jalance	20,43	16,12

Tabla 4 XVI. Emisiones del transporte. Óptimos en comarcas de VALENCIA (CONT.)

CÓDIGO COMARCA	CÓDIGO MUNICIPIO	NOMBRE MUNICIPIO	DISTANCIA TRANSP., km	EMISIONES, Kg_CO <sub>2</sub> /t
4620	46.057	Alcúdia, l'	16,99	15,28
4620	46.417	Guadassuar	17,12	15,31
4620	46.486	Masalavés	17,15	15,32
4620	46.192	Benimuslem	17,5	15,40
4621	46.645	Riola	10,17	13,61
4621	46.024	Albalat de la Ribera	10,75	13,75
4621	46.375	Fortaleny	10,88	13,78
4621	46.705	Sueca	11,54	13,94
4622	46.219	Bolbaite	14,1	14,57
4622	46.321	Chella	16,57	15,18
4622	46.618	Quesa	17,5	15,40
4622	46.537	Navarrés	18,44	15,63
4623	46.750	Vallada	21,9	16,48
4623	46.522	Montesa	22,17	16,55
4623	46.060	Alcúdia de Crespins, l'	23,29	16,82
4623	46.243	Canals	23,53	16,88
4624	46.012	Agullent	19,22	15,82
4624	46.018	Albaida	19,44	15,88
4624	46.204	Benissoda	19,53	15,90
4624	46.225	Bufali	19,76	15,96
4625	46.198	Benirredrà	13,68	14,47
4625	46.633	Real de Gandía	13,89	14,52
4625	46.393	Gandia	14,01	14,55
4625	46.438	Xeresa	14,36	14,63
4600A01	-	-	16,79	15,23

#### 4.5.- Resultados del módulo de demanda

En este apartado se muestran los resultados de la aplicación de la metodología descrita en el punto 3.5. Se ha evaluado la demanda potencial de energía térmica en el sector residencial (R), sector servicios (S: hospitales, centros de salud, escuelas e instalaciones deportivas públicas), sector hotelero (H), sector industrial (I), sector cementeras (C) y sector cogeneración en grandes industrias (COGEN, se cuantifica número de industrias con una demanda térmica superior a 1 MW<sub>TERMICO</sub> considerando 5000 h/año de funcionamiento de la industria).

Aunque la evaluación se ha realizado a nivel municipal, éstos se han agrupado por comarcas. Los resultados se muestran en la Tabla 4-XV y Tabla 4-XVI. Estos resultados se refieren al potencial total que, obviamente, no puede ser sólo cubierto con biomasa ya que en la actualidad las necesidades térmicas se están cubriendo con otros combustibles o electricidad. En este sentido se han realizado las siguientes observaciones:

- Para los sectores de demanda hoteles (H) e industrias (I) se ha supuesto un 30% de la demanda potencial total como cuota de mercado viable a corto / medio plazo.
- Para el sector servicios públicos (S) se ha supuesto un 50% de cuota de mercado viable debido a la predominancia de gestión pública centralizada.
- Consideraciones específicas se hicieron en el punto 3.5 para el sector residencial (R, 20% cuota de mercado), y cementeras (C, 100% considerando el % de sustitución adecuado), por ello estas consideraciones ya están incluidas en la Tabla 4 XV y Tabla 4 XVI.

En la Tabla 4-XVII y Tabla 4-XVIII se ha calculado el porcentaje de biomasa que podría autoconsumirse en cada comarca. Se observa que hay diversidad de escenarios, desde comarcas que podrían apenas consumir el 1 – 2% de la biomasa de que disponen (comarcas muy agrícolas o forestales, poco pobladas y con poca industria) hasta comarcas que serían deficitarias en biomasa (es decir que podrían consumir más del 100% de la biomasa de que disponen).

Considerando toda la biomasa cuantificada para la Comunidad Valenciana, la **demanda de los sectores evaluados podría autoconsumir el 55-60% de dicha biomasa**. El resto de biomasa podría destinarse a plantas de generación de electricidad/cogeneración o exportación de pellets fuera de la Comunidad Valenciana.

Tabla 4-XV. Demanda de energía térmica (kWh/año) en el sector residencial (R) y servicios públicos (S)

CODIGO COMARCA	Demanda R	Demanda S			
	RESIDENCIAL	CENTROS DE SALUD	HOSPITALES	ESCUELAS	INSTALACIONES DEPORTIVAS PÚBLICAS
326	2.719.220	135.024	-	780.120	684.600
327	7.867.072	658.785	3.661.350	3.894.880	1.541.775
328	3.259.470	284.344	-	1.934.460	760.425
329	5.639.910	942.474	3.173.170	5.852.220	3.500.175
330	11.644.122	866.479	2.906.890	4.080.340	4.096.350
331	11.156.521	869.287	5.014.940	4.475.900	3.472.275
332	13.587.504	2.519.584	22.655.990	14.831.300	4.295.775
333	6.019.067	1.564.605	5.336.695	9.816.840	2.598.300
334	9.022.718	1.355.300	4.449.095	8.662.500	4.459.275
1201	760.182	42.000	-	119.240	16.200
1202	1.443.087	81.323	-	463.980	52.650
1203	4.626.138	366.192	1.475.635	2.129.160	1.422.525
1204	196.766	21.000	-	94.820	18.450
1205	13.338.020	1.258.866	12.415.305	7.565.140	2.480.175
1206	6.466.897	947.285	2.274.475	5.742.880	3.529.650
1207	2.341.647	93.200	-	650.540	73.350
1208	228.134	21.000	-	33.880	12.825
4609	305.510	21.000	-	47.740	8.775
4610	1.194.186	85.082	-	367.180	55.350
4611	10.401.503	770.503	6.113.345	4.924.480	4.641.450
4612	4.332.415	405.768	3.095.505	2.495.680	841.425
4613	7.390.512	1.014.861	610.225	7.429.400	4.203.675
4614	10.370.146	1.886.226	1.553.300	11.203.280	5.762.100
4615	56.086.842	4.799.787	52.046.645	24.096.820	3.048.900
4616	5.033.371	888.067	-	5.092.120	4.658.550
4617	5.288.441	95.271	1.664.250	1.200.540	1.323.300
4618	2.619.268	168.991	355.040	1.641.200	711.600
4619	983.923	55.757	-	298.540	33.300
4620	11.333.289	1.377.663	6.102.250	8.709.800	5.579.400
4621	1.990.997	340.616	-	2.193.620	1.436.925
4622	640.915	75.800	-	438.900	54.900
4623	3.552.480	328.728	2.984.555	2.671.900	1.416.450
4624	4.585.352	377.402	621.320	2.717.660	852.900
4625	6.918.889	681.629	3.051.125	5.084.640	2.270.250

Unidades: kWh/año

Tabla 4-XVI. Demanda de energía térmica (kWh/año) en el sector hotelero (H), cementeras (C), industrial (I) y número de ubicaciones potenciales para cogeneración

CODIGO COMARCA	Demanda H	Demanda C	Demanda COGEN	Demanda I
	HOTELES	CEMENTERAS (10% de sustitución)	GRAN CONSUMIDOR (>1MW)	TOTAL CONSUMO INDUSTRIAS (>100 kW)
326	284.918	-	11	122.798.330
327	633.623	-	7	129.124.181
328	221.130	-	1	13.003.368
329	406.823	-	1	18.967.321
330	4.019.517	-	-	3.033.471
331	43.047.909	-	1	24.261.515
332	8.136.450	174.633.473	12	184.910.246
333	2.205.144	-	2	71.352.331
334	4.992.570	-	1	19.186.512
1201	518.805	-	-	722.833
1202	248.063	-	-	69.991.385
1203	10.955.979	-	1	65.595.626
1204	180.023	-	-	-
1205	9.562.455	-	4	355.828.520
1206	1.012.905	-	-	166.910.577
1207	216.878	-	-	1.696.304
1208	727.178	-	-	-
4609	130.410	-	-	-
4610	440.843	-	-	1.402.809
4611	386.978	-	7	79.035.582
4612	822.501	133.177.884	2	31.885.284
4613	1.398.141	-	3	70.285.333
4614	1.210.545	-	18	381.218.944
4615	14.471.258	-	5	153.511.843
4616	599.603	-	6	151.925.435
4617	476.280	-	-	1.639.344
4618	484.785	127.111.213	4	50.872.308
4619	491.873	-	-	-
4620	714.420	-	12	330.901.359
4621	1.436.886	-	3	33.108.978
4622	80.798	-	1	8.139.989
4623	178.605	-	-	7.968.816
4624	245.228	-	9	108.380.286
4625	5.653.449	-	3	39.986.439

Unidades: kWh/año

■ Se han marcado en gris las comarcas en las que se han identificado más de 5 potenciales ubicaciones para planta de cogeneración en grandes industrias.

Se han marcado en gris las comarcas en las que se han identificado más de 5 potenciales ubicaciones para planta de cogeneración en grandes industrias.

- Evaluación de las posibilidades de autoconsumo de la biomasa a nivel comarcal

Tabla 4-XVII. Consumo potencial de biomasa en los distintos sectores de demanda (R, S, H, C, I) y biomasa total disponible a nivel comarcal. ALICANTE Y CASTELLÓN

<b>Consumo de biomasa TOTAL</b> Consumo de biomasa en los distintos sectores de demanda (demanda energética viable / biomasa disponible)						
<b>CODIGO COMARCA</b>	<b>TOTAL</b>	<b>R</b>	<b>S</b>	<b>H</b>	<b>C</b>	<b>I</b>
326	82%	6%	2%	<1%	<1%	75%
327	74%	11%	7%	<1%	<1%	56%
328	9%	3%	2%	<1%	<1%	4%
329	17%	5%	6%	<1%	<1%	5%
330	30%	18%	9%	2%	<1%	<1%
331	69%	20%	12%	23%	<1%	13%
332	563%	28%	46%	5%	366%	116%
333	85%	14%	22%	1%	<1%	48%
334	16%	6%	6%	1%	<1%	4%
1201	3%	2%	<1%	<1%	<1%	<1%
1202	55%	3%	1%	<1%	<1%	51%
1203	16%	2%	1%	2%	<1%	10%
1204	1%	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%
1205	94%	9%	8%	2%	<1%	74%
1206	48%	5%	5%	<1%	<1%	38%
1207	3%	2%	<1%	<1%	<1%	<1%
1208	2%	1%	<1%	1%	<1%	<1%

Tabla 4-XVIII. Consumo potencial de biomasa en los distintos sectores de demanda (R, S, H, C, I) y biomasa total disponible a nivel comarcal. VALENCIA

<b>Consumo de biomasa TOTAL</b> Consumo de biomasa en los distintos sectores de demanda (demanda energética viable / biomasa disponible)						
<b>CODIGO COMARCA</b>	<b>TOTAL</b>	<b>R</b>	<b>S</b>	<b>H</b>	<b>C</b>	<b>I</b>
<b>4609</b>	1%	1%	<1%	<1%	<1%	<1%
<b>4610</b>	1%	1%	<1%	<1%	<1%	<1%
<b>4611</b>	33%	8%	6%	<1%	<1%	19%
<b>4612</b>	291%	8%	7%	<1%	257%	18%
<b>4613</b>	116%	24%	22%	1%	<1%	69%
<b>4614</b>	403%	31%	30%	1%	<1%	341%
<b>4615</b>	607%	229%	172%	18%	<1%	188%
<b>4616</b>	91%	8%	9%	<1%	<1%	74%
<b>4617</b>	3%	2%	1%	<1%	<1%	<1%
<b>4618</b>	228%	4%	2%	<1%	198%	24%
<b>4619</b>	1%	1%	<1%	<1%	<1%	<1%
<b>4620</b>	63%	6%	6%	<1%	<1%	52%
<b>4621</b>	8%	1%	1%	<1%	<1%	5%
<b>4622</b>	4%	1%	<1%	<1%	<1%	3%
<b>4623</b>	13%	5%	5%	<1%	<1%	3%
<b>4624</b>	39%	5%	2%	<1%	<1%	33%
<b>4625</b>	38%	10%	8%	2%	<1%	18%

#### **4.6.- Resultados del módulo de tecnologías de aprovechamiento de biomasa**

##### ➤ Evaluación de las alternativas de aprovechamiento energético

Para cada comarca se han aplicado las funciones descritas en el capítulo 3.4 que, en función de la cantidad de biomasa disponible, y suponiendo 5000 h/año de funcionamiento, proporcionan la eficiencia eléctrica y térmica y, por tanto, la potencia eléctrica y térmica de la planta.

Es importante notar que se han analizado varias alternativas bioenergéticas pero que, obviamente, sólo una será posible a la vez, es decir, o instalamos una planta de producción de pellets o una planta de generación de electricidad de un cierto tipo.

La opción de planta de gasificación y pellets se ha considerado “inviabile” cuando el contenido en ceniza promedio es mayor al 5% en base seca. En la opción de planta de pellets se ha incluido el comentario de “pequeña escala” cuando la producción de pellets es inferior a 10000 t/año, en estos casos las producciones están en el rango 3000 a 9000 t/año (1500 – 4500 tep/año).

Para plantas de pellets la producción anual, considerando todas las comarcas de la Comunidad Valenciana, estuvo en el rango 4.000 – 50.000 t/año. En 2 comarcas (La Ribera Baixa y L’Horta) contenido en cenizas se consideró demasiado alto para este tipo de aplicación, superior al 9% cenizas). Se prevé escasa viabilidad para nueve comarcas en las que la producción anual sería inferior a 10.000 t/año de pellets. La producción de pellets podría superar las 200.000 tep/año (toneladas equivalentes de petróleo) lo que supondría un 2% de la energía primaria consumida en la Comunidad Valenciana en 2011 y, además incrementar en un 32% el consumo de energía primaria de origen renovable. Es importante notar que en 2011 el consumo total de gas natural en el sector residencial y servicios (donde su uso final mayoritario fue calefacción y agua caliente sanitaria) fue de 243.000 tep

Para plantas de generación de electricidad se obtuvieron potencias instalables de:

- 1 a 12 MW considerando plantas de gasificación en lecho fluido con motor de combustión interna. La potencia total instalable en la Comunidad Valenciana (CV) sería de 145 MW aproximadamente.
- 1 a 9 MW considerando plantas de combustión con caldera y turbina de vapor. Además ha habido 3 comarcas donde la potencia instalable sería inferior a 1 MW y se ha considerado inviable. La potencia total instalable en la CV sería de 98 MW aproximadamente

- 0,6 – 7 MW considerando plantas de combustión con caldera de fluido térmico y turbina ORC. La potencia total instalable en la CV sería de 85 MW aproximadamente.

Según la tecnología seleccionada, la potencia instalable sería entre 85 y 145 MW, lo que equivale al 1 – 1.5% de la potencia instalada en la Comunidad Valenciana, y es entre 10 y 15 veces más que la potencia con biomasa que hay instalada en la actualidad (8,9 MW en 2011 según datos de AVEN).

Tabla 4-XIX. Plantas de producción de pellets instalables a nivel comarcal.

COMARCA	OPCIÓN A: Planta de pellets		
	t/año	tep/año	Consideraciones
<b>Provincia d'Alacant / Provincia de Alicante</b>			
0326 - El Comtat	9.174	3.516	pequeña escala
0327 - L'Alcoià	13.696	5.299	-
0328 - L'Alt Vinalopó / Alto Vinalopó	18.519	7.216	-
0329 - El Vinalopó Mitjà / El Vinalopó Medio	21.799	8.444	-
0330 - La Marina Alta	13.711	5.154	-
0331 - La Marina Baixa	11.282	4.352	-
0332 - L'Alacantí	9.753	3.753	pequeña escala
0333 - El Baix Vinalopó	9.279	3.536	pequeña escala
0334 - El Baix Segura / La Vega Baja	33.618	12.815	-
<b>Provincia de Castelló / Provincia de Castellón</b>			
1201 - Els Ports	9.267	3.578	pequeña escala
1202 - L'Alt Maestrat	8.243	3.201	pequeña escala
1203 - El Baix Maestrat	37.084	14.303	-
1204 - L'Alcalatén	8.808	3.419	pequeña escala
1205 - La Plana Alta	29.096	11.242	-
1206 - La Plana Baixa	27.880	10.577	-
1207 - El Alto Palancia	22.704	8.820	-
1208 - El Alto Mijares	4.374	1.689	pequeña escala
<b>Provincia de València / Provincia de Valencia</b>			
4609 - El Rincón de Ademuz	5.925	2.313	pequeña escala
4610 - Los Serranos	29.888	11.608	-
4611 - El Camp de Túria	26.220	10.050	-
4612 - El Camp de Morvedre	10.897	4.140	pequeña escala
4600A01- L'Horta	33.226	12.070	inviable
4617 - La Plana de Utiel-Requena	49.075	19.260	-
4618 - La Hoya de Buñol	12.906	4.989	-
4619 - El Valle de Cofrentes-Ayora	18.552	7.207	-
4620 - La Ribera Alta	40.126	15.370	-
4621 - La Ribera Baixa	44.525	15.328	inviable
4622 - La Canal de Navarrés	14.839	5.762	-
4623 - La Costera	15.544	5.970	-
4624 - La Vall d'Albaida	19.709	7.705	-
4625 - La Safor	14.403	5.466	-

Tabla 4-XX. Plantas de generación/Cogeneración basadas en gasificación más motor de combustión interna. Potencia instalada a nivel comarcal.

COMARCA	OPCIÓN B1 [B1.1] Planta de generación / cogeneración Gasificador lecho fluido + MCI		
	P_E, MWe	P_T, MWt	Consideraciones
<b>Provincia d'Alacant / Provincia de Alicante</b>			
0326 - El Comtat	2,1	2,4	-
0327 - L'Alcoià	3,2	3,4	-
0328 - L'Alt Vinalopó / Alto Vinalopó	4,4	4,6	-
0329 - El Vinalopó Mitjà / El Vinalopó Medio	5,1	5,3	-
0330 - La Marina Alta	3,1	3,4	-
0331 - La Marina Baixa	2,6	2,9	-
0332 - L'Alacantí	2,2	2,5	-
0333 - El Baix Vinalopó	2,1	2,4	-
0334 - El Baix Segura / La Vega Baja	7,8	7,8	-
<b>Provincia de Castelló / Provincia de Castellón</b>			
1201 - Els Ports	2,1	2,4	-
1202 - L'Alt Maestrat	1,9	2,2	-
1203 - El Baix Maestrat	8,8	8,6	-
1204 - L'Alcalatén	2,0	2,3	-
1205 - La Plana Alta	6,9	6,9	-
1206 - La Plana Baixa	6,5	6,5	-
1207 - El Alto Palancia	5,4	5,5	-
1208 - El Alto Mijares	1,0	1,2	-
<b>Provincia de València / Provincia de Valencia</b>			
4609 - El Rincón de Ademuz	1,4	1,6	-
4610 - Los Serranos	7,1	7,1	-
4611 - El Camp de Túria	6,1	6,2	-
4612 - El Camp de Morvedre	2,5	2,7	-
4613:16 - L'Horta	7,4	7,4	%ceniza elevado
4617 - La Plana de Utiel-Requena	11,8	11,3	-
4618 - La Hoya de Buñol	3,0	3,3	-
4619 - El Valle de Cofrentes-Ayora	4,4	4,6	-
4620 - La Ribera Alta	9,4	9,2	-
4621 - La Ribera Baixa	9,4	9,2	%ceniza elevado
4622 - La Canal de Navarrés	3,5	3,7	-
4623 - La Costera	3,6	3,8	-
4624 - La Vall d'Albaida	4,7	4,9	-
4625 - La Safor	3,3	3,5	-

Tabla 4-XXI. Plantas de generación basadas en caldera y turbina de vapor. Potencia instalada a nivel comarcal.

<b>OPCIÓN B2: Planta de generación Caldera + turbina a condensación</b>		
<b>COMARCA</b>	<b>P_E, MWe</b>	<b>Consideraciones</b>
<b>Provincia d'Alacant / Provincia de Alicante</b>		
0326 - El Comtat	1,1	escasa viabilidad
0327 - L'Alcoià	2,0	escasa viabilidad
0328 - L'Alt Vinalopó / Alto Vinalopó	3,0	escasa viabilidad
0329 - El Vinalopó Mitjà / El Vinalopó Medio	3,6	-
0330 - La Marina Alta	1,9	escasa viabilidad
0331 - La Marina Baixa	1,5	escasa viabilidad
0332 - L'Alacantí	1,2	escasa viabilidad
0333 - El Baix Vinalopó	1,1	escasa viabilidad
0334 - El Baix Segura / La Vega Baja	5,8	-
<b>Provincia de Castelló / Provincia de Castellón</b>		
1201 - Els Ports	1,1	escasa viabilidad
1202 - L'Alt Maestrat	0,9	inviable
1203 - El Baix Maestrat	6,6	-
1204 - L'Alcalatén	1,0	escasa viabilidad
1205 - La Plana Alta	5,0	-
1206 - La Plana Baixa	4,7	-
1207 - El Alto Palancia	3,8	-
1208 - El Alto Mijares	0,2	inviable
<b>Provincia de València / Provincia de Valencia</b>		
4609 - El Rincón de Ademuz	0,5	inviable
4610 - Los Serranos	5,2	-
4611 - El Camp de Túria	4,4	-
4612 - El Camp de Morvedre	1,4	escasa viabilidad
4613:16 - L'Horta	5,5	-
4617 - La Plana de Utiel-Requena	9,1	-
4618 - La Hoya de Buñol	1,8	escasa viabilidad
4619 - El Valle de Cofrentes-Ayora	3,0	escasa viabilidad
4620 - La Ribera Alta	7,1	-
4621 - La Ribera Baixa	7,1	-
4622 - La Canal de Navarrés	2,2	escasa viabilidad
4623 - La Costera	2,3	escasa viabilidad
4624 - La Vall d'Albaida	3,2	-
4625 - La Safor	2,1	escasa viabilidad

Tabla 4-XXII. Plantas de generación basadas en caldera de fluido térmico y turbina en ciclo ORC. Potencia instalada a nivel comarcal.

COMARCA	OPCIÓN B3: Planta de generación / cogeneración		
	Caldera fluido térmico + ORC		
	P_E, MWe	P_T, MWt	Consideraciones
<b>Provincia d'Alacant / Provincia de Alicante</b>			
0326 - El Comtat	1,3	5,5	-
0327 - L'Alcoià	1,9	8,3	-
0328 - L'Alt Vinalopó / Alto Vinalopó	2,6	11,4	-
0329 - El Vinalopó Mitjà / El Vinalopó Medio	3,0	13,3	-
0330 - La Marina Alta	1,8	8,1	-
0331 - La Marina Baixa	1,6	6,9	-
0332 - L'Alacantí	1,3	5,9	-
0333 - El Baix Vinalopó	1,3	5,6	-
0334 - El Baix Segura / La Vega Baja	4,6	20,2	-
<b>Provincia de Castelló / Provincia de Castellón</b>			
1201 - Els Ports	1,3	5,6	-
1202 - L'Alt Maestrat	1,1	5,0	-
1203 - El Baix Maestrat	5,1	22,5	-
1204 - L'Alcalatén	1,2	5,4	-
1205 - La Plana Alta	4,0	17,7	-
1206 - La Plana Baixa	3,8	16,7	-
1207 - El Alto Palancia	3,2	13,9	-
1208 - El Alto Mijares	0,6	2,7	-
<b>Provincia de València / Provincia de Valencia</b>			
4609 - El Rincón de Ademuz	0,8	3,6	-
4610 - Los Serranos	4,2	18,3	-
4611 - El Camp de Túria	3,6	15,8	-
4612 - El Camp de Morvedre	1,5	6,5	-
4613:16 - L'Horta	4,3	19,0	-
4617 - La Plana de Utiel-Requena	6,9	30,3	-
4618 - La Hoya de Buñol	1,8	7,9	-
4619 - El Valle de Cofrentes-Ayora	2,6	11,3	-
4620 - La Ribera Alta	5,5	24,2	-
4621 - La Ribera Baixa	5,5	24,1	-
4622 - La Canal de Navarrés	2,1	9,1	-
4623 - La Costera	2,1	9,4	-
4624 - La Vall d'Albaida	2,8	12,1	-
4625 - La Safor	2,0	8,6	-

#### 4.7.- Resultados del módulo de optimización y análisis de escenarios

En el módulo de optimización se utiliza información de los módulos 1 al 5 y se definen algunos parámetros y restricciones que conforman el escenario que está siendo analizado. Los parámetros correspondientes al escenario de referencia son los que se muestran en la Tabla 4-XXIII:

Tabla 4-XXIII. Parámetros del escenario de referencia.

ESCENARIO DE REFERENCIA	
Tiempo operación planta de pellets, h/ año	3200
Tiempo de operación teórico de la estructura logística, h/año	3200
Tiempo operación planta de generación/cogeneración , h/año	5000
Precio electricidad , €/kWh	0,125
precio calor, €/kWh	0,035
Precio pellet, €/kWh	120
Ahorro de emisiones por Pellet, kg.CO <sub>2</sub> / kWh <sub>pellet</sub>	0,2
Ahorro de emisiones Electricidad, kg.CO <sub>2</sub> / kWh <sub>electricidad</sub>	0,26
Ahorro de emisiones por kWh, kg.CO <sub>2</sub> / kWh <sub>calor</sub>	0,23
Aprovechamiento calor COGENERACIÓN (%respecto nominal)	75%

Posteriormente se comparara con el escenario llamado INTERMEDIO y escenario SIN PRIMAS. Entre estos escenarios el único parámetro que cambia es la retribución considerada para la electricidad generada:

ESCENARIO INTERMEDIO	Precio electricidad , €/kWh	0,10
ESCENARIO SIN PRIMAS	Precio electricidad , €/kWh	0,075

En la Tabla 4-XXIV se muestra un ejemplo típico de información incluida y resultados obtenidos en el módulo de optimización.

Tabla 4-XXIV. Ejemplo de resultados del ESCENARIO DE REFERENCIA (ALICANTE)

Identificación y resultados generales a nivel comarcal				
Código comarca	326	327	328	329
Nombre comarca	El Comtat	L'Alcoià	L'Alt Vinalopó / Alto Vinalopó	El Vinalopó Mitjà / El Vinalopó Medio
Area comarca, km2	377,8	539,7	644,8	798
Biomasa, t/año	14440	21158	29119	34758
Biomasa recibida, t/h - 3200 h/año	4,5	6,6	9,1	10,9
PCS promedio, kwh/kg	3,03	3,11	3,08	3,02
Ceniza, % base seca	2,0%	2,9%	2,8%	2,3%
Distancia media de recogida, km	11,22	15,12	15,75	17,89
Coste de transporte, €/t	21,98	19,80	21,56	22,00
Coste adicional biomasa:extracción+adquisición, €/t	0,00	0,00	0,00	0,00
Demanda:% de biom. Autoconsumo	82%	74%	9%	17%
Potenciales sitios de cogeneración	11	7	1	1
Aplicación 1. Planta de producción de pellets [A1]				
Producción de pellet, t/año	9173,59	13695,84	18519,47	21798,68
Producción de pellet, t/h	2,87	4,28	5,79	6,81
Coste específico instalación, k€/ (t/h)	738,7	607,7	524,7	484,6
PAYBACK SIMPLE, años	12,0	9,1	8,4	7,9
AHORRO de CO2, kg CO2 / kWh_biomasa	0,181	0,179	0,178	0,179
Aplicación 2. Planta eléctrica - Gasificador más motor de combustión interna [B1.1]				
Potencia Instalada, MW - 5000 h/año	2,10	3,20	4,39	5,14
Eficiencia eléctrica, %PCS	23,6%	24,0%	24,2%	24,3%
Eficiencia térmica, %PCS	32,3%	31,4%	30,7%	30,3%
Coste específico instalación, k€/kW	3152,6	2904,4	2719,3	2625,5
Coste específico instalación, k€/ (t/h)	2289	2196	2048	1943
PAYBACK SIMPLE, años	13,4	10,9	10,2	9,9
AHORRO de CO2, kg CO2 / kWh_biomasa	0,058	0,058	0,059	0,059
PAYBACK SIMPLE (COGENERACIÓN), años	8,7	7,5	7,0	6,8
AHORRO de CO2 (COGENERACIÓN), kg CO2 / kWh_biomasa	0,114	0,113	0,112	0,111
Aplicación 3. Planta eléctrica - Turbina de vapor a condensación [B2]				
Potencia Instalada, MW - 5000 h/año	1,10	2,01	2,98	3,61
Eficiencia eléctrica, %PCS	14,5%	15,7%	16,4%	16,8%
Eficiencia térmica, %PCS	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Coste específico instalación, k€/kW	1933,6	1770,6	1663,4	1611,9
Coste específico instalación, k€/ (t/h)	734	839	852	836
PAYBACK SIMPLE, años	13,6	8,3	7,4	7,0
AHORRO de CO2, kg CO2 / kWh_biomasa	0,028	0,035	0,038	0,040
Aplicación 4. Planta eléctrica - Turbina de vapor ciclo ORC [B3]				
Potencia Instalada, MW - 5000 h/año	1,26	1,90	2,59	3,03
Eficiencia eléctrica, %PCS	14,3%	14,3%	14,3%	14,3%
Eficiencia térmica, %PCS	63,3%	63,3%	63,3%	63,3%
Coste específico instalación, k€/kW	1717,5	1500,0	1500,0	1500,0
Coste específico instalación, k€/ (t/h)	750	674	667	653
PAYBACK SIMPLE, años	10,4	7,9	7,9	7,9
AHORRO de CO2, kg CO2 / kWh_biomasa	0,03	0,033	0,033	0,032
PAYBACK SIMPLE (COGENERACIÓN), años	3,5	2,9	2,8	2,8
AHORRO de CO2 (COGENERACIÓN), kg CO2 / kWh_biomasa	0,143	0,143	0,143	0,143

En el ANEXO A se han incluido las tablas de resultados para el escenario de referencia y a continuación se incluyen algunos resultados comparativos.

En cuanto al balance de emisiones, y para poder comparar adecuadamente las distintas alternativas de aprovechamiento, las unidades seleccionadas son kg CO<sub>2</sub> por unidad de bioenergía de entrada, kWh de biomasa procesada en la planta, expresado según el poder calorífico superior de dicha biomasa.

#### ▪ Planta de producción de pellets – A1

En la Figura 4-17 se observa que para una planta de pellet el periodo de retorno del capital (PAYBACK) es inferior a los 10 años a partir de las 12.000 t/año de producción de pellets, y realmente se observad que las particularidades de cada comarca en cuanto al transporte u otros apenas se aprecian como pequeñas oscilaciones alrededor de la línea de tendencia mostrada. A Partir de producciones de pellets superiores a las 30.000 t/año el payback puede ser incluso inferior a 6 años.

En cuanto al balance de emisiones, para plantas con producciones anuales de 5000 – 50.000 t/año el ahorro de emisiones es de 0,18 kg de CO<sub>2</sub> por kWh de biomasa (como recordatorio cabe notar que un kg de biomasa tiene un poder calorífico superior de 3 - 3,2 kWh/kg), un balance muy positivo en comparación con las alternativas de generación eléctrica y cogeneración, como se verá más adelante.

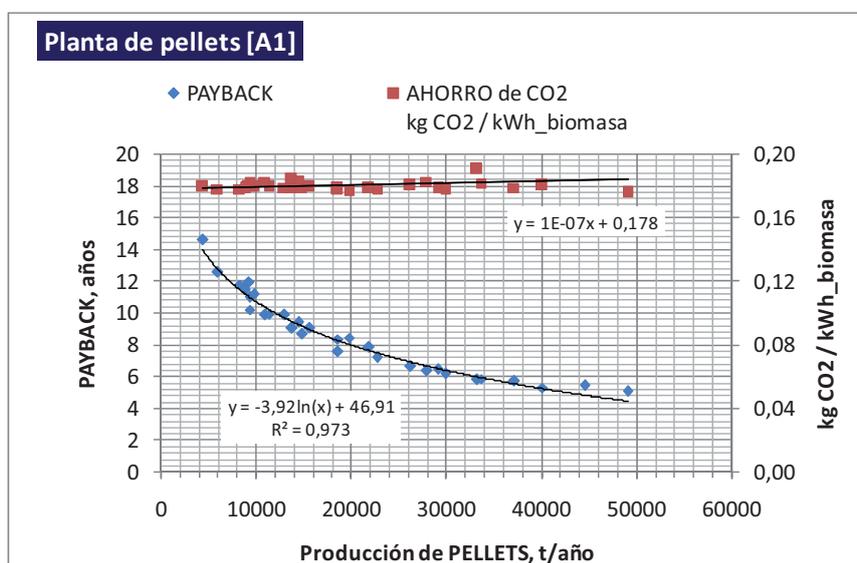


Figura 4-17. Resultados de Payback y balance de emisiones para plantas de pellets. ESCENARIO REFERENCIA

Aunque la viabilidad económica de las plantas de producción de pellets es muy buena, e independiente de la disponibilidad de primas para la generación eléctrica con energías renovables, cabe destacar el hecho de que el beneficio económico se hace realmente efectivos tras la venta de los pellets con lo cual habrá otros competidores (pellets de otros países y comunidades autónomas) y, al menos en España, el número de consumidores con calderas o estufas de pellets, es todavía reducido y la migración hacia esta tecnología podría darse pero sería gradual.

▪ **Planta de gasificación con MCI – B1.1**

En la Figura 4-18 puede observarse el periodo de retorno del capital y ahorro de emisiones si se implementan plantas de biomasa para generación de electricidad basada en gasificación en lecho fluido con motor de combustión interna (**planta B1.1**) en el escenario de referencia. A partir de 4 MW la viabilidad económica es aceptable (menor de 10 años) y para potencias superiores a 8 MW el payback está, habitualmente, alrededor de los 8 años. En el caso de poder instalar plantas de cogeneración (Figura 4-19) el PAYBACK fue siempre inferior a los 10 años, y para potencias entre 4 y 12 MW este fue entre 7 y 5 años respectivamente.

En cuanto al balance de emisiones, si bien es menos positivo que en el caso de producción de pellets, en el caso de cogeneración el ahorro de emisiones fue de 0,11-0,12 kg CO<sub>2</sub>/kWh\_biomasa, mientras que para la generación de sólo electricidad el ahorro fue de apenas 0,05-0,06 kg CO<sub>2</sub>/kWh\_biomasa.

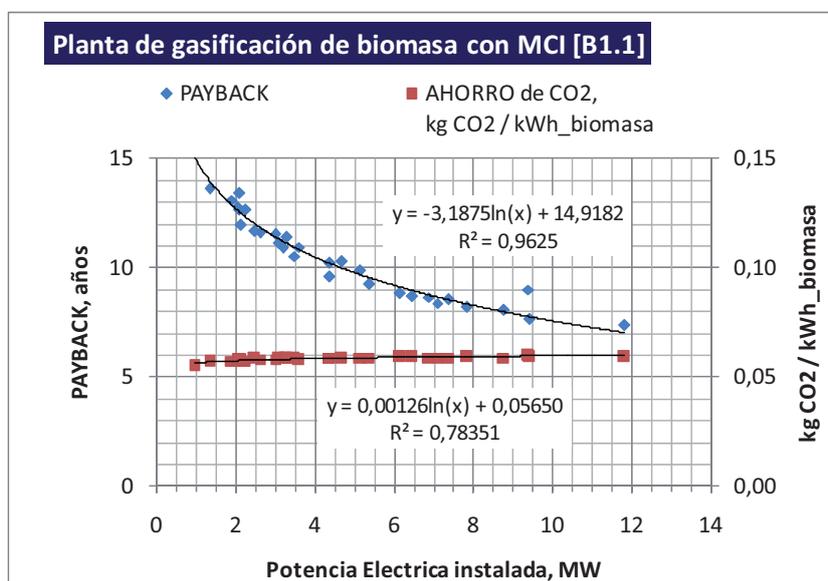


Figura 4-18. Resultados de PAYBACK y ahorro de emisiones para planta **ELÉCTRICA** tipo **B1.1**. ESCENARIO REFERENCIA

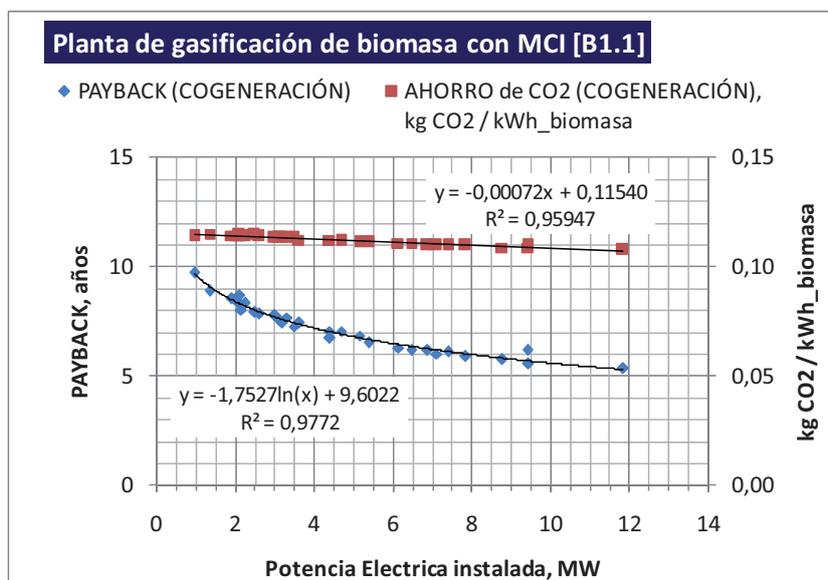


Figura 4-19. Resultados de PAYBACK y ahorro de emisiones para planta **COGENERACIÓN** tipo B1.1. ESCENARIO REFERENCIA

En este punto cabe destacar que la tecnología de gasificación está poco extendida (menos de 10 plantas en toda España) y el potencial de reducción de costes es todavía grande ya que, a igualdad de potencia, esta tecnología es una 60 – 75% más cara que el resto. La propia empresa fabricante (EQTEC - MOVIALSA) que facilitó los precios actuales aspira a reducir los costes de instalación en un 25% en los próximos años. Al introducir esta reducción de costes de instalación en un 25%, los tiempos de PAYBACK se redujeron en un 19 – 21% lo cual supone una viabilidad excelente en aplicaciones de cogeneración y aceptable en el modo de sólo generación de electricidad (con un PAYBACK promedio de 8,5 años). Además ha quedado demostrado que es la tecnología de generación de electricidad con mejor balance de emisiones.

▪ **Planta de combustión con caldera y turbina de vapor de condensación – B2**

En la Figura 4-20 se ha incluido la figura correspondiente a las plantas de combustión con caldera y turbina de vapor a condensación (planta tipo B2). Se observa que el PAYBACK es inferior a los 10 años a partir de 1,5 MW, y para potencias en el rango 4 – 8 MW este fue de 7 a 5 años respectivamente. En la citada figura se observa que para potencia inferiores a 1,5 MW el periodo de retorno del capital se incrementa bruscamente, además, para estas potencias el ahorro de emisiones es inferior a 0,03 kg CO<sub>2</sub> / kWh\_biomasa. Estos hechos se deben a la pequeña escala de estas plantas, ya que presentan menores eficiencias eléctricas y elevados costes de instalación.

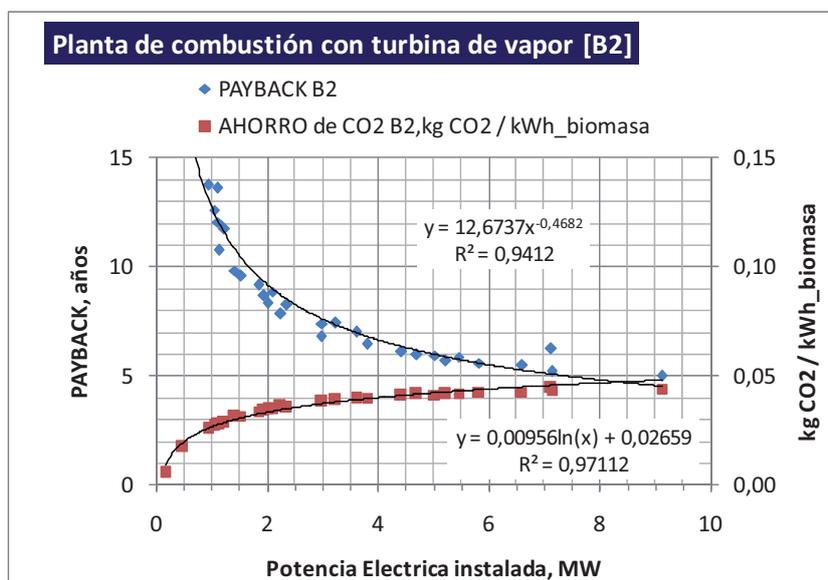


Figura 4-20. Resultados de PAYBACK y ahorro de emisiones para planta **ELÉCTRICA** tipo **B2**. ESCENARIO REFERENCIA

En la actualidad, la tecnología más frecuentemente utilizada es esta, probablemente por la elevada viabilidad económica, sin embargo, el ahorro de emisiones apenas alcanza los 0,045 kg CO<sub>2</sub> / kWh\_biomasa.

▪ **Planta de combustión con caldera de fluido térmico y turbina en ciclo ORC– B3**

En la Figura 4-21 se incluyen los principales resultados de PAYBACK para plantas basadas en caldera de fluido térmico y turbina en ciclo ORC (plantas tipo B3). A partir de 1 MW los periodos de PAYBACK son inferiores a 10 años, y para potencia entre 4 y 7 MW este fue de 7 a 5 años respectivamente.

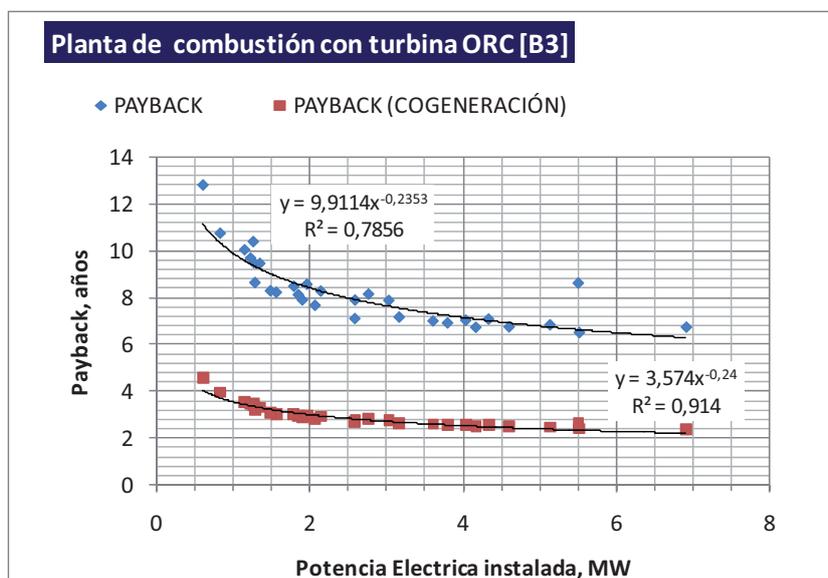


Figura 4-21. Resultados de PAYBACK con y sin COGENERACIÓN para planta tipo **tipo B3**.  
ESCENARIO REFERENCIA

En cuanto a la posibilidad de cogeneración la viabilidad económica se incrementa enormemente siendo los PAYBACK de 2 a 4,5. Sin embargo es muy importante resaltar que la potencias térmicas a implementar son muy elevadas y, además, sólo se puede aprovechar el calor para aplicaciones por debajo de 100 °C (agua caliente / calefacción). En la Figura 4-22 se ha incluido la comparativa entre potencia térmica instalada para las plantas tipo B1.1 y B3, en el caso de las plantas B3 la potencia fue de 5 a 30 MW<sub>térmicos</sub>, es decir 2 – 2,5 veces mayor que para las plantas tipo B1.1. A priori parece difícil encontrar un consumidor de calor de baja temperatura con necesidades del 5 -30 MW<sub>térmicos</sub> durante 5000 h/año. Las aplicaciones de cogeneración basadas en esta tecnología se dan, principalmente, en climas fríos y asociadas a redes de calefacción de distrito (district heating).

Los ahorros de emisiones fueron de 0,033 kg CO<sub>2</sub> / kWh\_biomasa para generación de sólo electricidad y 0,14 kg CO<sub>2</sub> / kWh\_biomasa para aplicaciones de cogeneración.

Puesto que la viabilidad económica es muy elevada en modo COGENERACIÓN, incluso para plantas pequeñas, y el balance de emisiones es tan favorable, lo importante es encontrar dichos sitios de cogeneración distribuida, tal vez instalando varias plantas de pequeña potencia (0,5 – 2 MW) en cada comarca.

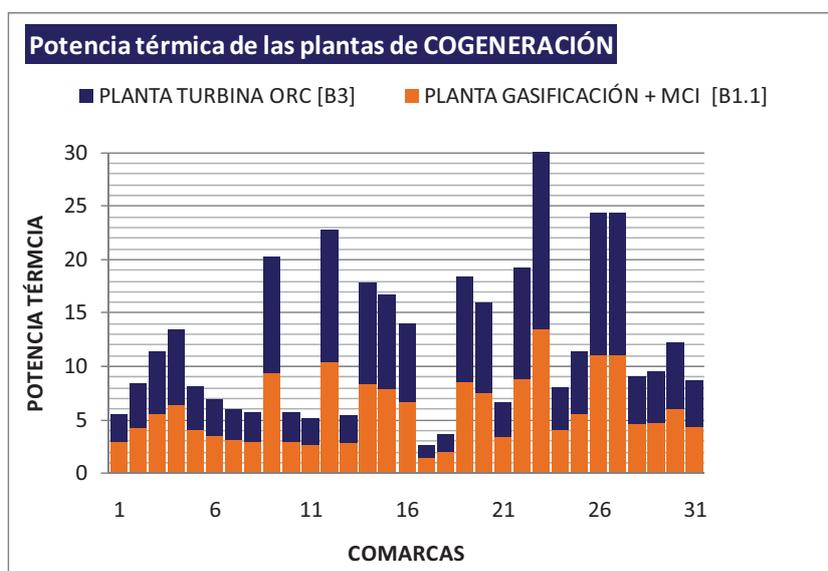


Figura 4-22. Potencia térmica nominal de las plantas de cogeneración para plantas tipo B3 y B1.1

En la gráfica anterior y posteriores gráficas comparativas se ha asignado a cada comarca un código identificador, ID, para poder reconocer cada comarca en las series de datos representadas. El código identificador es el asignado en la Tabla 4-XXV.

Tabla 4-XXV. Código identificador, ID, de cada comarca.

ID	Código comarca	Nombre comarca
1	326	El Comtat
2	327	L'Alcoià
3	328	L'Alt Vinalopó / Alto Vinalopó
4	329	El Vinalopó Mitjà / El Vinalopó Medio
5	330	La Marina Alta
6	331	La Marina Baixa
7	332	L'Alacantí
8	333	El Baix Vinalopó
9	334	El Baix Segura / La Vega Baja
10	1201	Els Ports
11	1202	L'Alt Maestrat
12	1203	El Baix Maestrat
13	1204	L'Alcalatén
14	1205	La Plana Alta
15	1206	La Plana Baixa
16	1207	El Alto Palancia
17	1208	El Alto Mijares
18	4609	El Rincón de Ademuz
19	4610	Los Serranos
20	4611	El Camp de Túria
21	4612	El Camp de Morvedre
22	4600A01	L'Horta
23	4617	La Plana de Utiel-Requena
24	4618	La Hoya de Buñol
25	4619	El Valle de Cofrentes-Ayora
26	4620	La Ribera Alta
27	4621	La Ribera Baixa
28	4622	La Canal de Navarrés
29	4623	La Costera
30	4624	La Vall d'Albaida
31	4625	La Safor

**COMPARATIVA DE VIABILIDAD ECONÓMICA**

A continuación se mostrarán gráficas comparativas de la viabilidad económica de las diferentes tecnologías en función de la potencia instalada en aplicaciones eléctricas ( Figura 4-28) y de cogeneración (Figura 4-29).

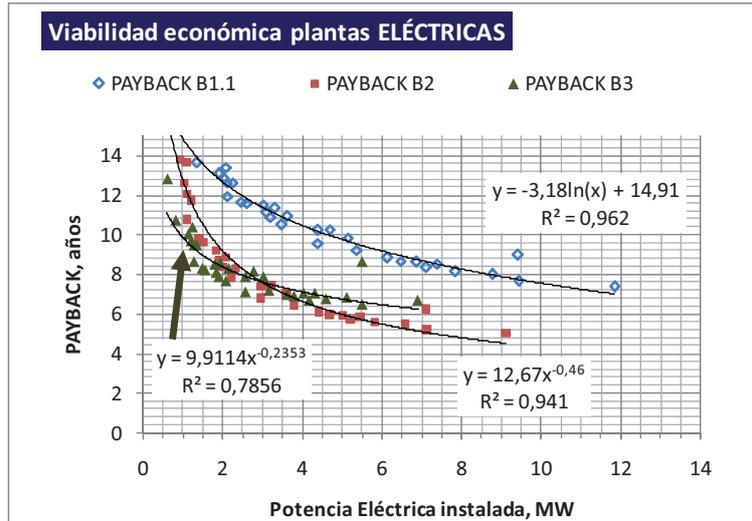


Figura 4-23. Viabilidad económica de plantas ELÉCTRICAS en función de la tecnología y potencia eléctrica instalada. ESCENARIO DE REFERENCIA

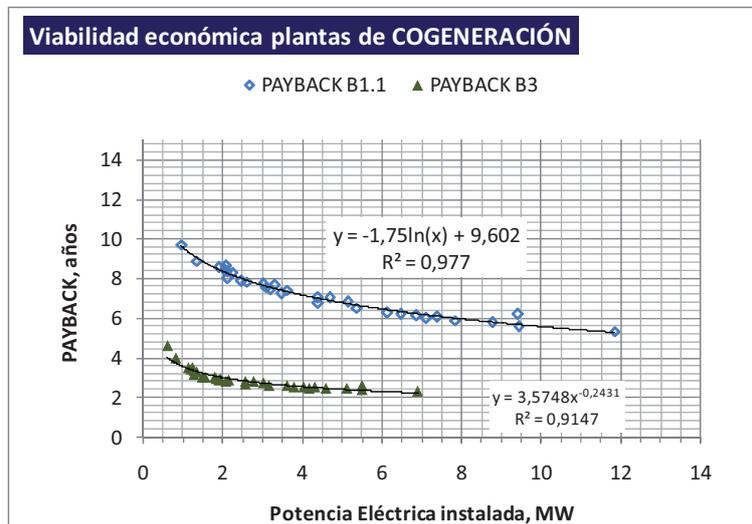


Figura 4-24. Viabilidad económica de plantas ELÉCTRICAS en función de la tecnología y potencia eléctrica instalada. ESCENARIO DE REFERENCIA

En plantas eléctricas y de cogeneración la mayor viabilidad, en la actualidad, corresponde a plantas de combustión con ciclo de vapor (B2) o ciclo ORC (B3). No obstante la viabilidad de las planta de cogeneración es buena para plantas de gasificación con MCI (B1.1) y las posibilidades de aprovechamiento térmico son más flexibles (agua caliente, vapor de baja temperatura, procesos de secado,...).

En la Figura 4-25, como ejemplo se han representado los costes de transporte (CTT, €/t) y los periodos de PAYBACK en función del área comarcal. Como cabía esperar, mayor superficie comarcal suele conllevar mayor biomasa, con mayor coste de transporte pero, aún así, la viabilidad económica es siempre mayor para perímetros mayores.

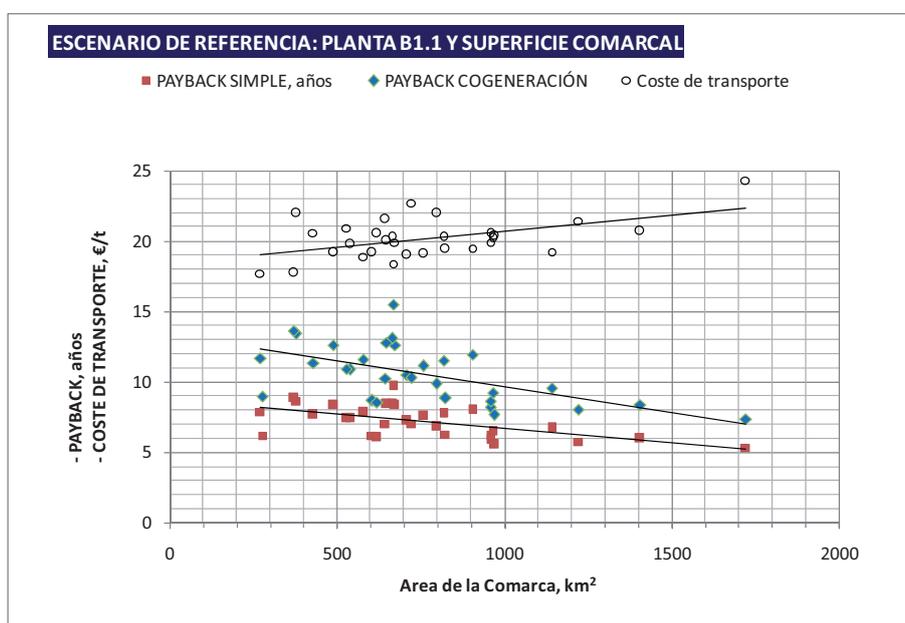


Figura 4-25. Viabilidad económica de la planta B1.1. Influencia del área comarcal.

**COMPARATIVA DE VIABILIDAD AMBIENTAL**

En las gráficas comparativas de la viabilidad ambiental (balance de CO<sub>2</sub>), Figura 4-26 y Figura 4-27, se confirma que la planta B1.1 es la que presenta mayor ahorro de emisiones en plantas eléctricas, y un buen balance en planta de cogeneración.

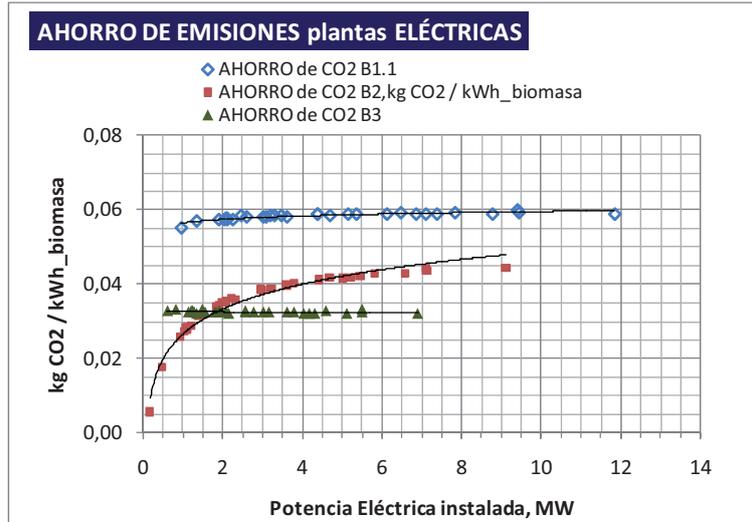


Figura 4-26. Viabilidad ambiental de la planta B1.1. Plantas ELÉCTRICAS

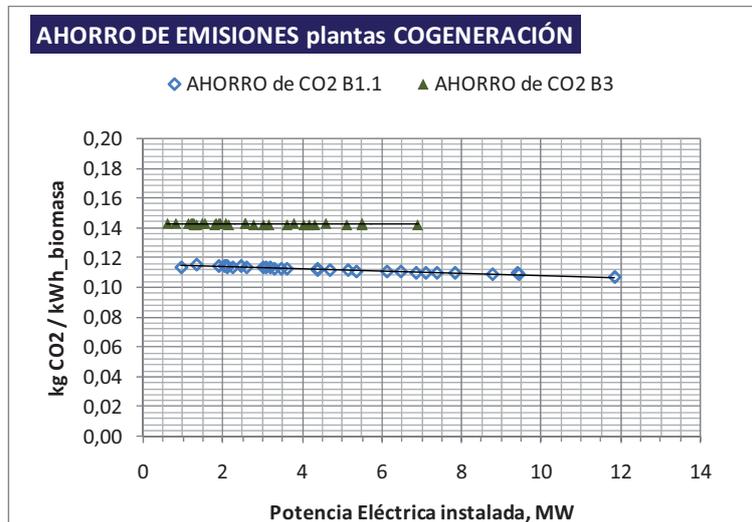


Figura 4-27. Viabilidad económica de la planta B1.1. Plantas COGENERACIÓN.

### **COMPARATIVA MULTIESCENARIO**

A continuación se mostrarán gráficas comparativas de la viabilidad económica (periodo de PAYBACK) de las aplicaciones eléctricas y de cogeneración, para cada tecnología en cada comarca, según el escenario de referencia (con primas para la generación de electricidad de origen renovable), escenario sin primas y el escenario intermedio.

Para la aplicación de gasificación de biomasa con motor de combustión interna (B1.1, Figura 4-28 y Figura 4-29), en el caso del escenario sin primas la generación de sólo electricidad se muestra inviable y la alternativa de cogeneración presenta periodos de payback largos (10 a 20 años).

Observando también el resto de gráficas comparativas ( Figura 4-30, Figura 4-31 y Figura 4-32), se puede concluir que ninguna de las tecnologías de generación de electricidad es viable en plantas de sólo generación de electricidad, y la viabilidad es muy baja en el caso de cogeneración, excepto para la tecnología B3 (ciclo ORC) en que se presenta la problemática asociada al aprovechamiento térmico comentada anteriormente.

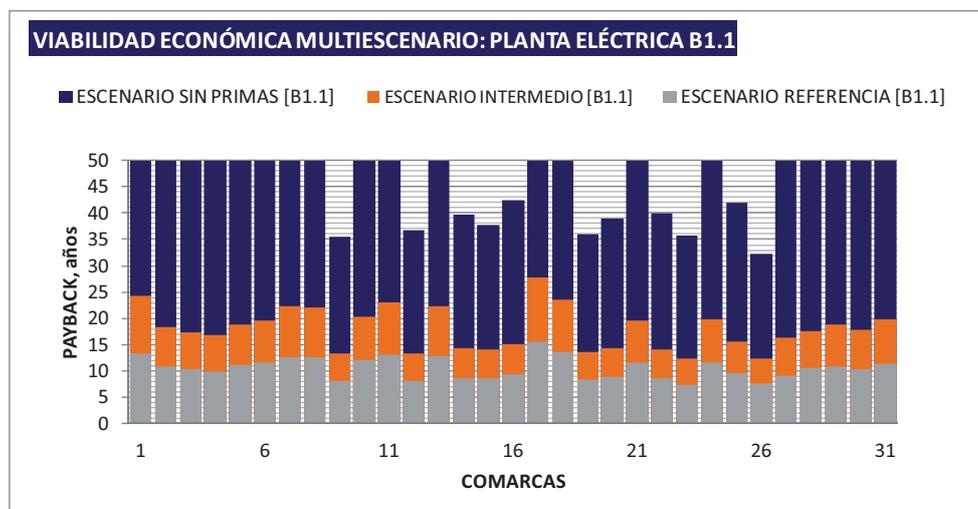


Figura 4-28. Viabilidad económica en distintos escenarios de retribución de la energía eléctrica generada. Planta **ELÉCTRICA B1.1**

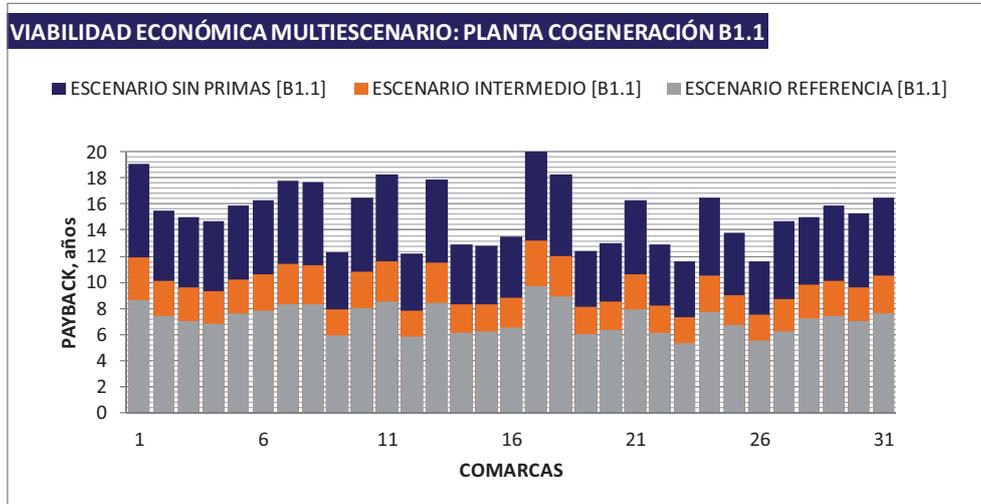


Figura 4-29. Viabilidad económica en distintos escenarios de retribución de la energía eléctrica generada. Planta **COGENERACIÓN B1.1**

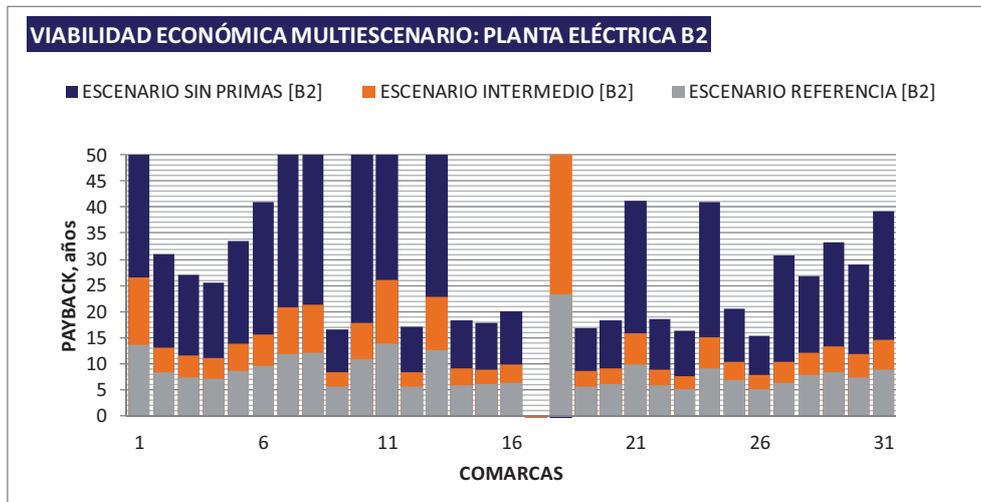


Figura 4-30. Viabilidad económica en distintos escenarios de retribución de la energía eléctrica generada. Planta **ELÉCTRICA B2**

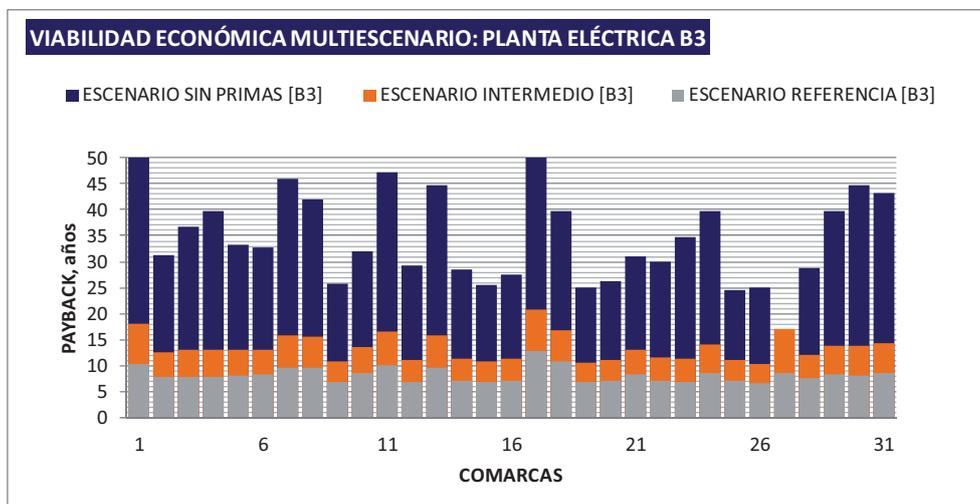


Figura 4-31. Viabilidad económica en distintos escenarios de retribución de la energía eléctrica generada. Planta **ELÉCTRICA B3**

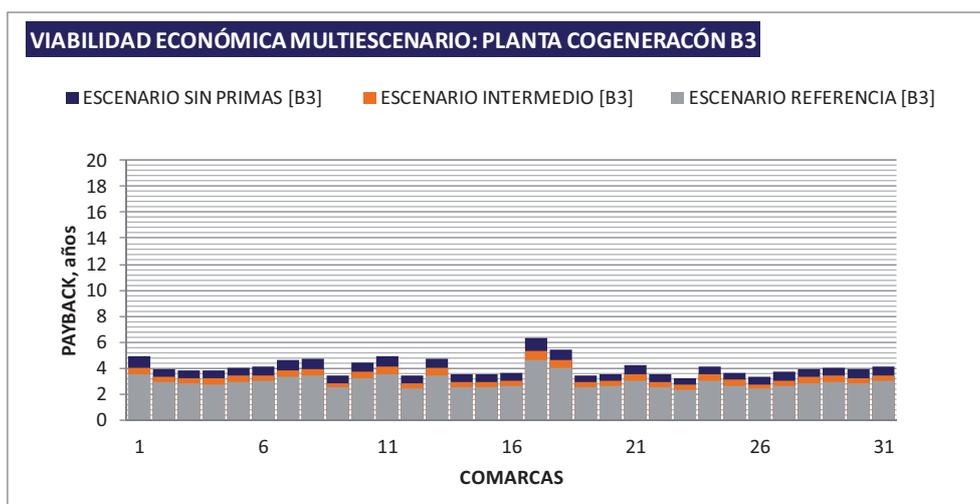


Figura 4-32. Viabilidad económica en distintos escenarios de retribución de la energía eléctrica generada. Planta **COGENERACIÓN B3**

## CAPÍTULO 5

---

### CONCLUSIONES

---

#### 5.1.- Conclusiones y recomendaciones

Se ha desarrollado una metodología que evalúa y optimiza la viabilidad técnica, económica y ambiental del aprovechamiento energético de biomasa y, además, esta metodología se ha aplicado a la Comunidad Valenciana. Tanto el desarrollo de la metodología como la aplicación a la Comunidad Valenciana ha permitido obtener valiosas conclusiones en cuanto a ciertos factores como la estructura logística, el tamaño de las plantas y el balance de emisiones que son extrapolables de manera general al aprovechamiento energético de biomasa independientemente de la zona de estudio.

En un primer módulo dicha metodología evalúa y caracteriza los recursos de biomasa residual agrícola y forestal más frecuentes en España, con respecto a los parámetros que se han considerado de mayor interés como: tipo, ubicación geográfica, cantidad, poder calorífico, contenido en cenizas, estacionalidad y disponibilidad. La cuantificación de biomasa está basada en coeficientes de generación potencial por hectárea y tipo de cultivo o especie forestal, pero la cantidad final se ve minorada por las consideraciones realizadas en cuanto a accesibilidad y disponibilidad del recurso debido a la gestión actual de los residuos (quema, trituración en campo, alcance de actuaciones forestales en años anteriores...), tamaño de parcela y otros factores que reducen el potencial real a un 20 – 45% del teórico. Es importante notar que dicho módulo utiliza información disponible a nivel nacional (Censo Agrario, Superficies y Producciones Agrarias, Inventario Forestal Nacional), que se actualiza periódicamente, y que está disponible a nivel de municipio. Se han desarrollado coeficientes de generación para cuantificar también la biomasa procedente de cultivos energéticos para biomasa sólida y biocarburantes, pero a efectos de cuantificación sólo se han considerado los primeros y como un complemento, para el estudio de viabilidad posterior no se han sumado a la biomasa de origen residual disponible.

En un segundo módulo se ha desarrollado una metodología de optimización del proceso logístico que evalúa todas las posibles ubicaciones de la planta bionérgica y selecciona aquellas con menor coste de transporte. En este módulo se evalúan los costes marginales (costes de operación) y lo que se han llamado costes totales de transporte (CTT) que incluyen los costes de operación y la amortización de los vehículos de transporte y compactación. Se ha valorado económicamente, el efecto económico de la estacionalidad de la biomasa. En este módulo se ha concluido que la opción de transporte subcontratado con previa compactación es, a priori, la mejor opción en todos los casos. Par la estimación de los costes de transporte se han presentado 2 métodos alternativos a la utilización

de los sistemas de información geográfica (utilizados por otros autores) y, aunque los errores en el cálculo de la distancia recorrida podrían contener hasta un 40% de error, en cuanto a los costes rara vez se supera el 10% de error según la experiencia de la aplicación a la Comunidad Valenciana.

En el módulo de tecnologías se ha realizado una caracterización en cuanto a eficiencia eléctrica y térmica, capacidad de producción de pellets, costes de instalación inicial y costes de operación de las mejores tecnologías disponibles en la actualidad. Se observó en todos los casos que la eficiencia y costes específicos disminuyen al incrementar el tamaño de la planta, la dependencia observada fue de tipo logarítmico. La tecnología de gasificación de biomasa en lecho fluido con motor de combustión interna es la que presenta mayor eficiencia eléctrica y flexibilidad a la hora de cubrir procesos térmicos en aplicaciones de cogeneración, no obstante esta tecnología es un 60 – 70% más cara que el resto (a igualdad de potencia), hecho que afecta notablemente a la viabilidad económica.

En el módulo de demanda se ha desarrollado una metodología para cuantificar de manera aproximada la demanda de energía en sectores en los que sería factible el consumo de biomasa para cubrir sus necesidades térmicas. La cuantificación se realiza en base estadísticas de la edificación (Censo de Población y Vivienda), directorios de empresas, registro PRTR (Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminante) y otras estadísticas (inventarios de centros educativos, hoteles, hospitales,...). La demanda está segmentada entre grandes consumidores (Industrias cementeras, plantas térmicas de carbón, grandes industrias con posibilidad de cogeneración) y consumo distribuido (sector residencial, hoteles, escuelas, ...). La metodología de cuantificación de la demanda es, además, aplicable a otros estudios sectoriales en los que sea necesario cuantificar demanda térmica (potencial de cogeneración con gas natural, aplicaciones solares térmica,...)

En el módulo de balance de emisiones se proporcionan funciones para evaluar las emisiones asociadas al transporte y al proceso de producción de pellets, en ambos casos, y considerando transporte empacado y distancias de 50 km, las emisiones por unidad de energía de biomasa estaría en el rango 0,005 – 0,008 kg CO<sub>2</sub>/kWh\_biomasa. El uso térmico de la biomasa es la aplicación que proporciona mayor ahorro de emisiones, seguida de la cogeneración y, en última instancia, la generación de electricidad. La aplicación eléctrica presenta un bajo ahorro de emisiones debido a que compite con grandes centrales térmicas muy eficientes, como los ciclos combinados, y centrales nucleares con bajas o nulas emisiones de CO<sub>2</sub>.

En el módulo de optimización y análisis de escenarios se ha realizado una revisión de la legislación aplicable a la generación de electricidad con biomasa y se ha definido el escenario de referencia y otros dos para realizar comparativas. La optimización económica se basa en el parámetro de periodo de retorno del capital ó PAYBACK, y la optimización ambiental en el balance de CO<sub>2</sub>.

La metodología desarrollada se ha aplicado a la Comunidad Valenciana y se ha estudiado la viabilidad de distintas aplicaciones bioenergéticas para las 31 comarcas de la CCAA, cuantificando la biomasa de cada uno de los 543 municipios. Puede concluirse que la biomasa de origen residual agrícola y forestal asciende a, aproximadamente, 1 millón de toneladas, 140.000 toneladas son de origen forestal y 760.000 toneladas son de origen agrícola (el resto, unas 70.000 toneladas aproximadamente, provendrían de restos de jardinería y alperujo). En términos de energía primaria, esta biomasa sería equivalente a 260900 toneladas equivalentes de petróleo. En la mayoría de los casos el contenido en ceniza era bajo, inferior al 3% y permite tanto aplicaciones de generación de electricidad ó cogeneración, como producción de pellets para calderas. En función de la tecnología la potencia eléctrica instalable sería entre 85 y 145 MW, lo que equivale al 1 – 1,5% de la potencia eléctrica total instalada en la Comunidad Valenciana, y es 15 veces más que la potencia con biomasa que había instalada en 2011 (8,9 MW según datos de AVEN).

Considerando las ubicaciones óptimas en cada comarca, los costes totales de transporte se situaron en el rango 17 – 30 €/t (por tonelada fresca, humedad del 30-40%), que correspondieron a unas distancias de transporte en el rango 7 – 32 km (distancia promedio de sólo ida). Frente los costes marginales (en el rango 16-20 €/t, que no incluyen amortización de la inversión en la maquinaria de transporte y compactación), se observa que, obviamente, los costes son mayores y, además, la variabilidad es sensiblemente mayor debido a las consideraciones realizadas sobre la estacionalidad. Los valores de estacionalidad, expresados como desviación estándar en porcentaje sobre el aporte promedio, son muy variables yendo desde el 36% hasta el 254%. En cualquier caso se observó que aunque comarcas con mayor superficie presentaron, habitualmente, mayores distancias y costes de transporte la viabilidad económica fue mayor debido al mayor tamaño de la planta.

Considerando la comarca como unidad de gestión, la viabilidad económica de las plantas de biomasa fue aceptable en la mayoría de los casos, con periodos de retorno del capital inferiores a los 10 años, especialmente en plantas de cogeneración y plantas de producción de pellets. Dicha viabilidad económica fue debida, en gran medida, a la estructura logística con transporte subcontratado y previa compactación (que se mostró como la mejor alternativa en cualquier caso), y al hecho de que las planta tenían un tamaño razonable con cantidades de biomasa gestionada en el rango 10.000 – 80.000 t/año. No obstante en el escenario puntual actual, sin primas para la generación en régimen especial, las plantas de generación de electricidad no serían viables y las plantas de generación presentarían una viabilidad muy baja (PAYBACK de 10 – 15 años). En caso de mantenerse el escenario sin primas, la alternativa sería enfocarse hacia las plantas de generación de pellets.

Considerando toda la biomasa cuantificada para la Comunidad Valenciana, la demanda que se ha considerado viable en los sectores evaluados (sector doméstico, industrias, hoteles y pequeñas/medianas industrias podría autoconsumir el 50-60% de dicha biomasa, además en 10 de las 31 comarcas

podrían autoconsumir más del 80% de su propia biomasa. Adicionalmente se han detectado 7 comarcas con más de 5 potenciales ubicaciones para cogeneración, con lo cual podría ser factible esta aplicación, y 3 comarcas con empresas cementeras que podrían absorber en torno a 100.000 – 130.000 t/año de biomasa (entre todas la cementeras).

El balance de emisiones de CO<sub>2</sub> fue favorable en todos los casos siendo, de nuevo, la producción de pellets y la cogeneración las aplicaciones con mejor balance, ya que el ahorro de emisiones fue entre 3 y 5 veces mayor que el correspondiente a plantas de generación de electricidad. La estructura logística óptima a nivel económico fue también la que proporcionó menores emisiones asociadas al transporte.

## 5.2.- Futuras líneas de investigación

Para continuar con el trabajo realizado en esta tesis se proponen las siguientes líneas de investigación y ampliaciones a la metodología planteada:

- Automatizar herramienta de aplicación de la metodología (actualmente en ACCESS – EXCEL) para facilitar la actualización de datos para evaluar los distintos módulos, y su uso por parte de otros usuarios.
- Nuevas estructuras logísticas: centros de transferencia, astillado en lugar de empaclado y revisión de tecnologías de empaclado.
- Revisión y actualización de tecnologías de aprovechamiento, especialmente en precios, eficiencia y su relación con la escala.
- Plantear escenarios de aprovechamiento distribuido en varias plantas para una misma comarca.
- Plantear combinaciones de comarcas que puedan optimizar los costes de transporte debido a la menor estacionalidad y alcanzar mayor viabilidad económica.
- Realizar el análisis de ciclo de vida y balance de emisiones de la utilización de cultivos energéticos. Aplicación de cultivos energéticos con fines multipropósito: descontaminación/recuperación de suelos, utilización de terrenos de escasa productividad.



---

## **ANEXOS**

---

### ANEXO A

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA A LA COMUNIDAD VALENCIANA. PRINCIPALES RESULTADOS Y DATOS AUXILIARES.

### ANEXO B

RESULTADOS DEL PROYECTO BIOVAL. CARTOGRAFÍA DE APOYO



## ANEXO A

---

### **APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA A LA COMUNIDAD VALENCIANA. PRINCIPALES RESULTADOS Y DATOS ADICIONALES**

---

En el punto A.1 de este anexo se incluyen los resultados de la aplicación de la metodología general a la Comunidad Valenciana. Estos resultados muestran para cada comarca la caracterización de los recursos de biomasa:

- Cantidad por tipos (Agrícola, forestal, jardinería, alperujo) y poder calorífico
- Distribución de cultivos y estacionalidad de los residuos agrícolas (que suelen ser el aporte dominante de biomasa)
- Propiedades promedio de la biomasa recogida (humedad, cenizas)

En el punto A.2 se han incluido los resultados del módulo de optimización y análisis de escenarios de todas las comarcas de la Comunidad Valenciana (Tabla A-III). En esta tabla se incluye, además, información importante del restos de módulos.

En el punto A.3, se ha incluido la cuantificación de biomasa a nivel municipal y su contenido energético por tipos de biomasa (Tabla A-IV).

En el punto A.4, se ha incluido los listados de municipios de la Comunidad Valenciana, con coordenadas UTM y superficie, utilizados para la elaboración de esta tesis (Tabla A-V) .

En el punto A.5 se ha incluido el listado de municipios con comarca y provincia de pertenencia (Tabla A-VI).

**A.1.- Fichas comarcales de recursos de biomasa**

En primer lugar se ha incluido la relación de comarcas y códigos para cada provincia de la Comunidad Valenciana (Tabla A-I) :

Tabla A-I. Asignación de nombre y código de cada comarca.

Província d'Alacant / Provincia de Alicante	Província de València / Provincia de Valencia
0326 - El Comtat	4609 - El Rincón de Ademuz
0327 - L'Alcoià	4610 - Los Serranos
0328 - L'Alt Vinalopó / Alto Vinalopó	4611 - El Camp de Túria
0329 - El Vinalopó Mitjà / El Vinalopó Medio	4612 - El Camp de Morvedre
0330 - La Marina Alta	4613 - L'Horta Nord
0331 - La Marina Baixa	4614 - L'Horta Oest
0332 - L'Alacantí	4615 - València.
0333 - El Baix Vinalopó	4616 - L'Horta Sud
0334 - El Baix Segura / La Vega Baja	4617 - La Plana de Utiel-Requena
Província de Castelló / Provincia de Castellón	4618 - La Hoya de Buñol
1201 - Els Ports	4619 - El Valle de Cofrentes-Ayora
1202 - L'Alt Maestrat	4620 - La Ribera Alta
1203 - El Baix Maestrat	4621 - La Ribera Baixa
1204 - L'Alcalatén	4622 - La Canal de Navarrés
1205 - La Plana Alta	4623 - La Costera
1206 - La Plana Baixa	4624 - La Vall d'Albaida
1207 - El Alto Palancia	4625 - La Safor
1208 - El Alto Mijares	

Aunque en este punto se presentan resultados individuales de las comarcas 4613 - L'Horta Nord, 4614 - L'Horta Oest, 4615 – València y 4616 - L'Horta Sud, se ha agrupado para conformar la agrupación comarcal 4600A01- L'Horta. Los posteriores análisis de viabilidad técnica y económica se han realizado sobre la agrupación y no sobre las comarcas individuales. La motivación ha sido, principalmente, que son de pequeño tamaño y pocos recursos de biomasa, que en proyectos precedentes sobre inventarios de biomasa, ya se realizó esta agrupación y que, además, esta agrupación también se utiliza en otros ámbitos de gestión.

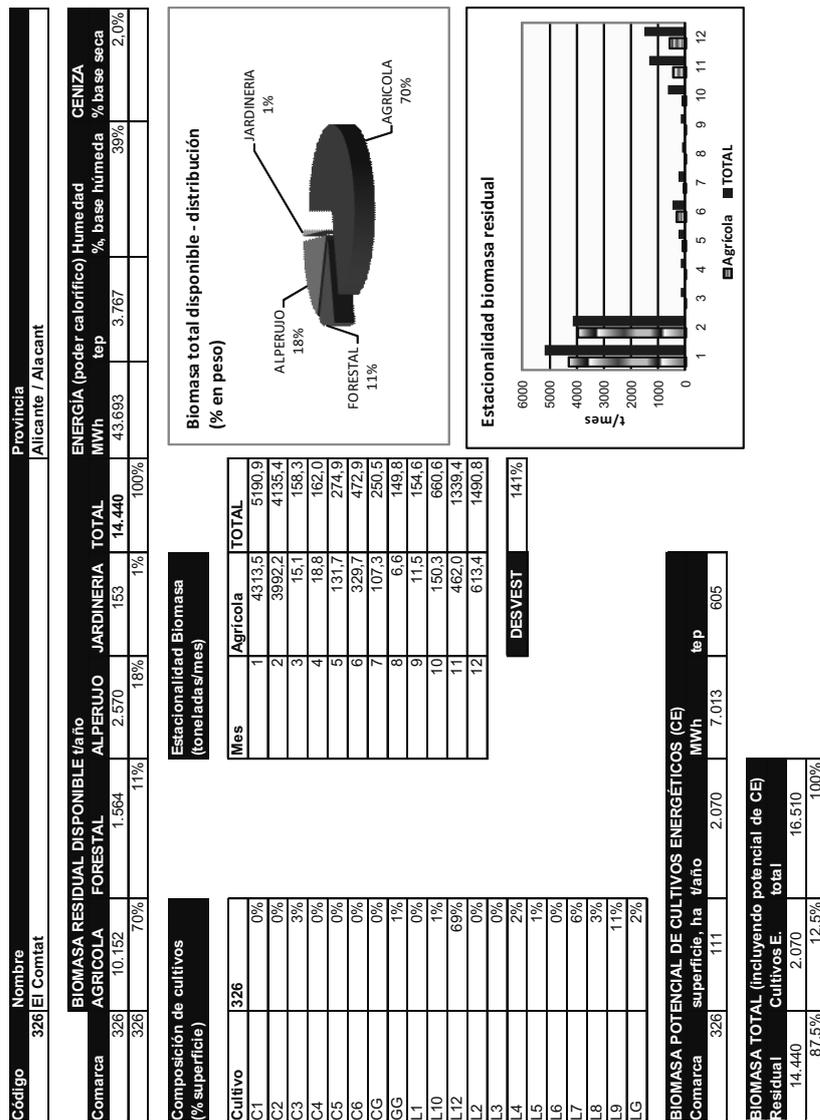


Figura A-1 Recursos de biomasa: El Comtat

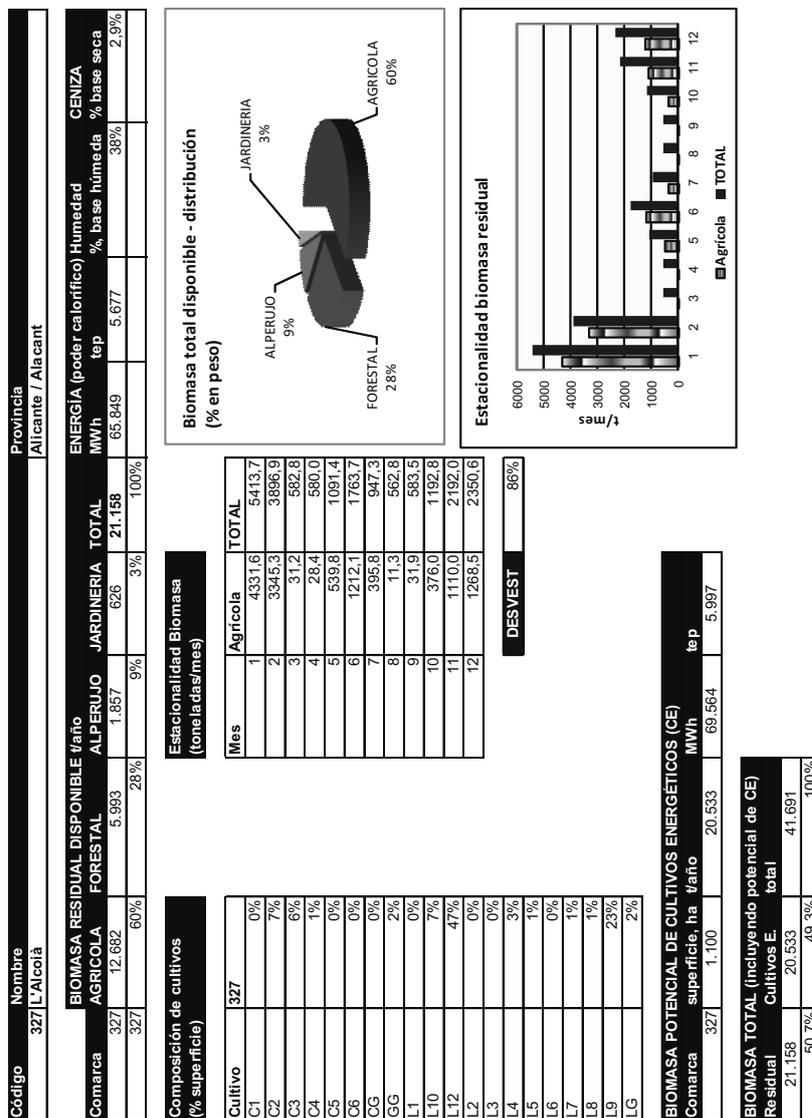


Figura A-2 Recursos de biomasa: L'Alcoia

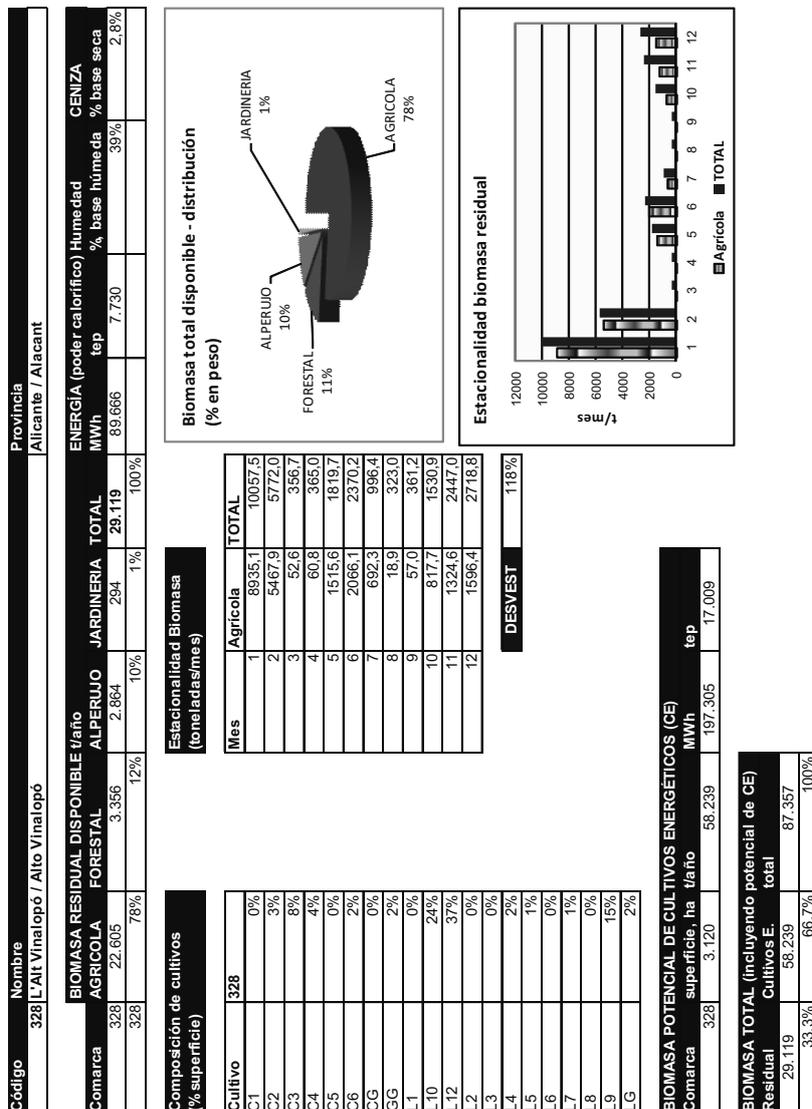


Figura A-3 Recursos de biomasa: L'Alt Vinalopó

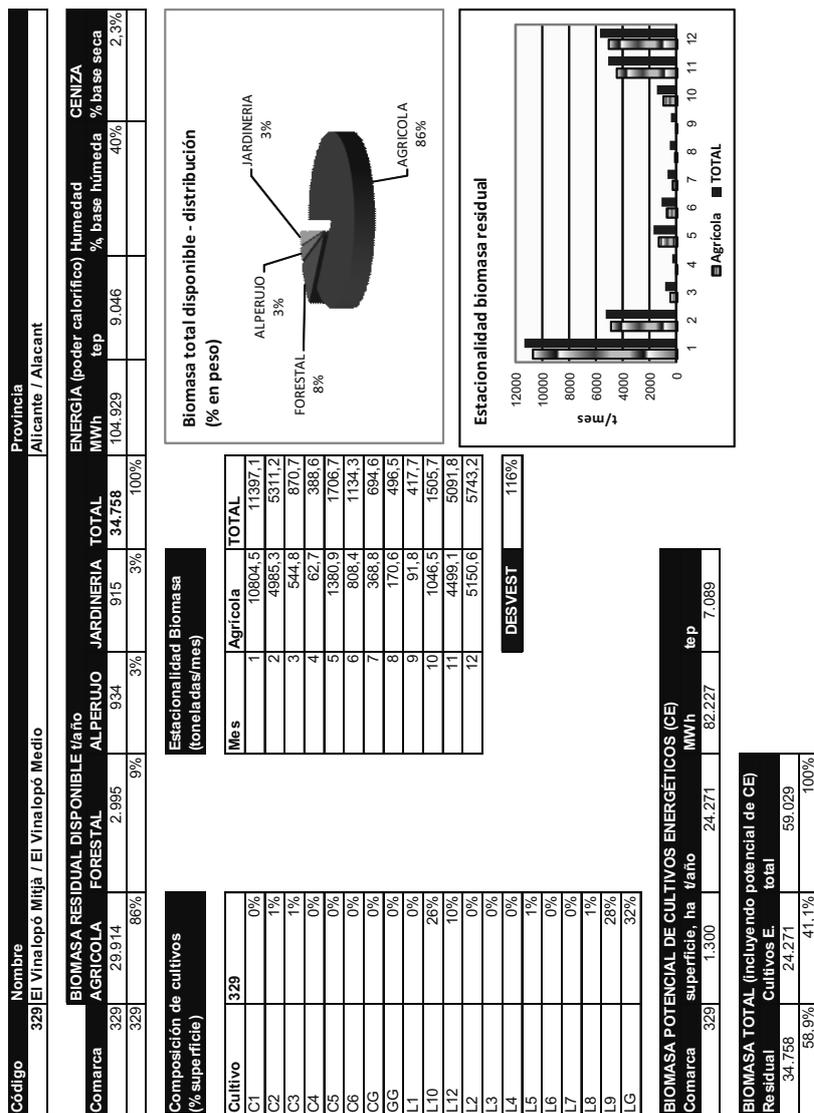


Figura A-4 Recursos de biomasa: El Vinalopó Mitjà

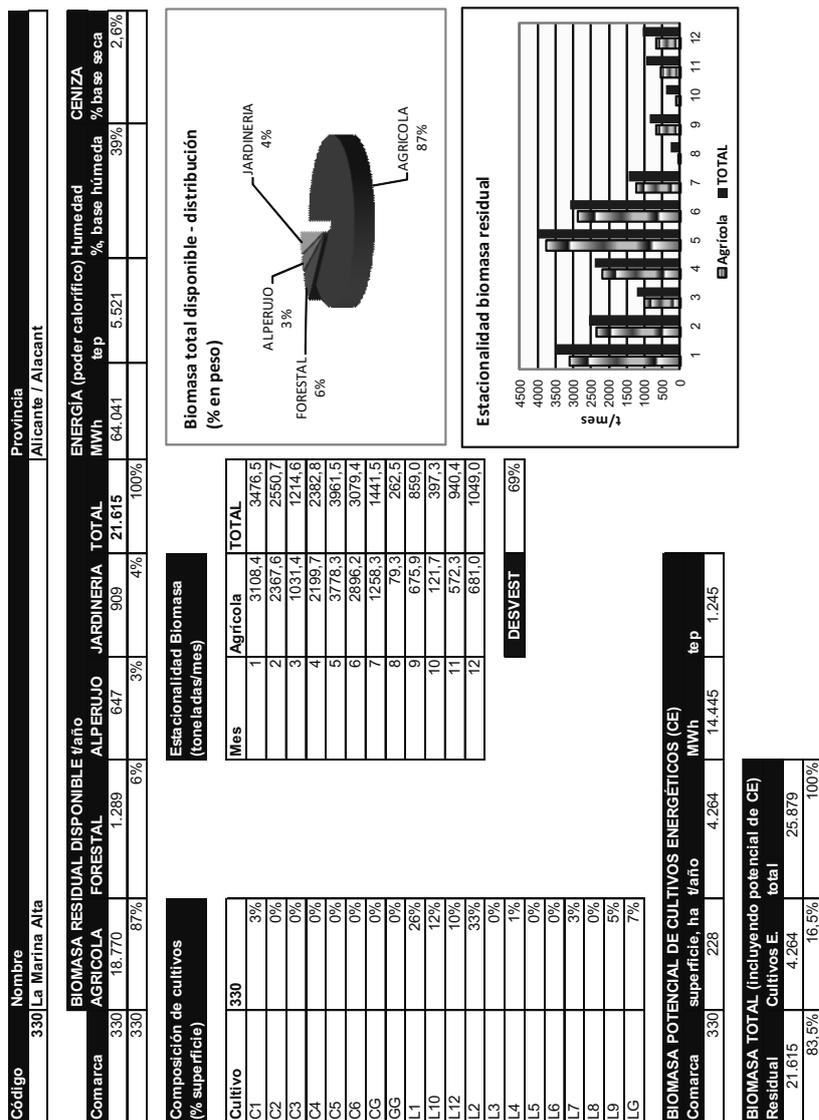


Figura A-5 Recursos de biomasa: La Marina Alta

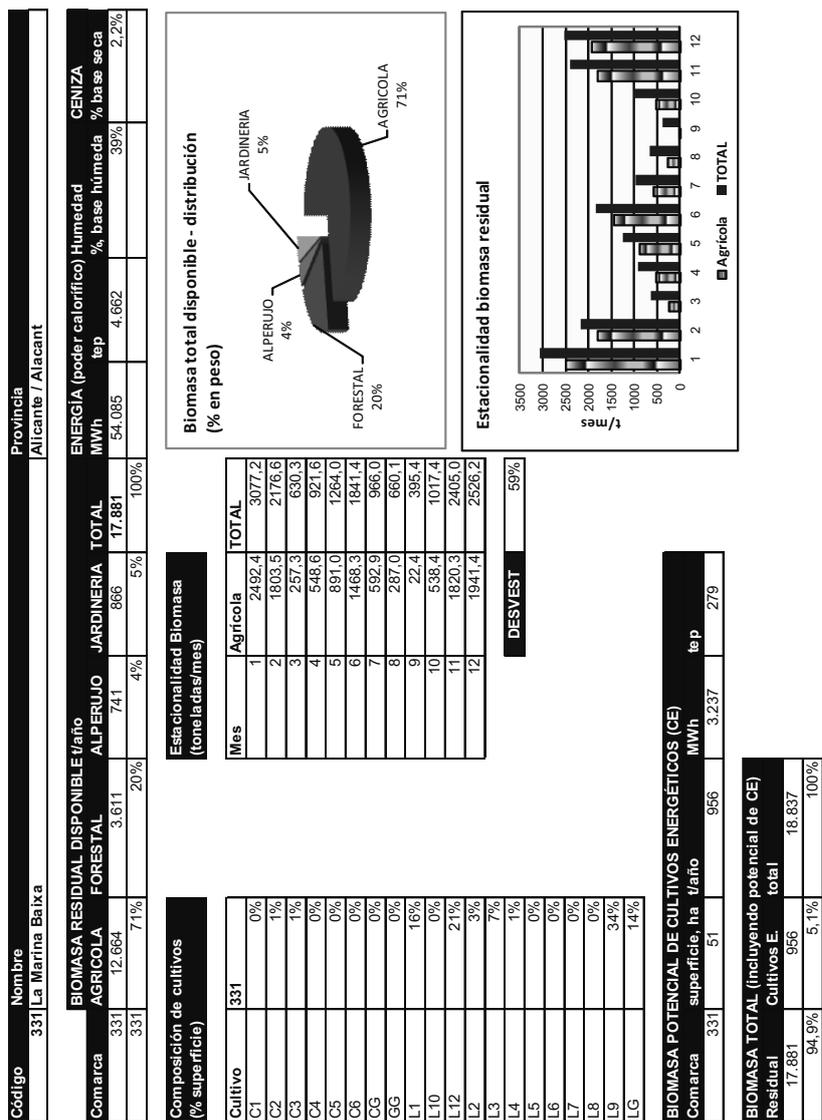


Figura A-6 Recursos de biomasa: La Marina Baixa

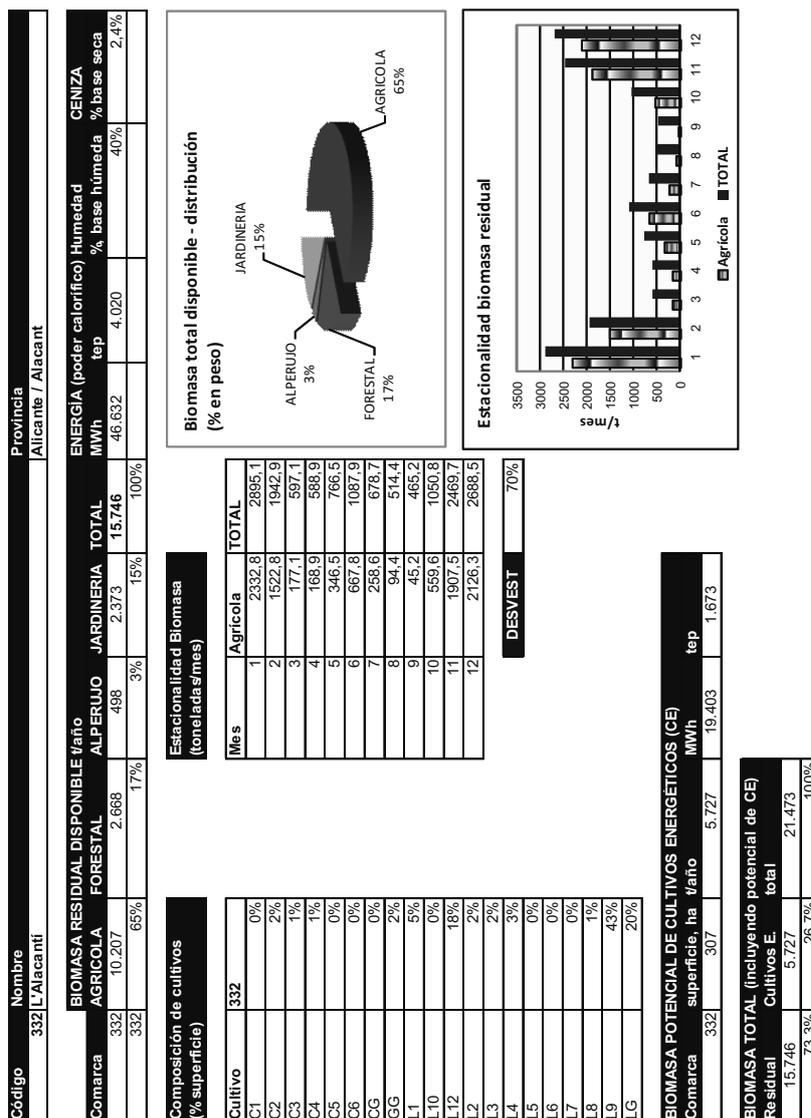


Figura A-7 Recursos de biomasa: L'Alacantí

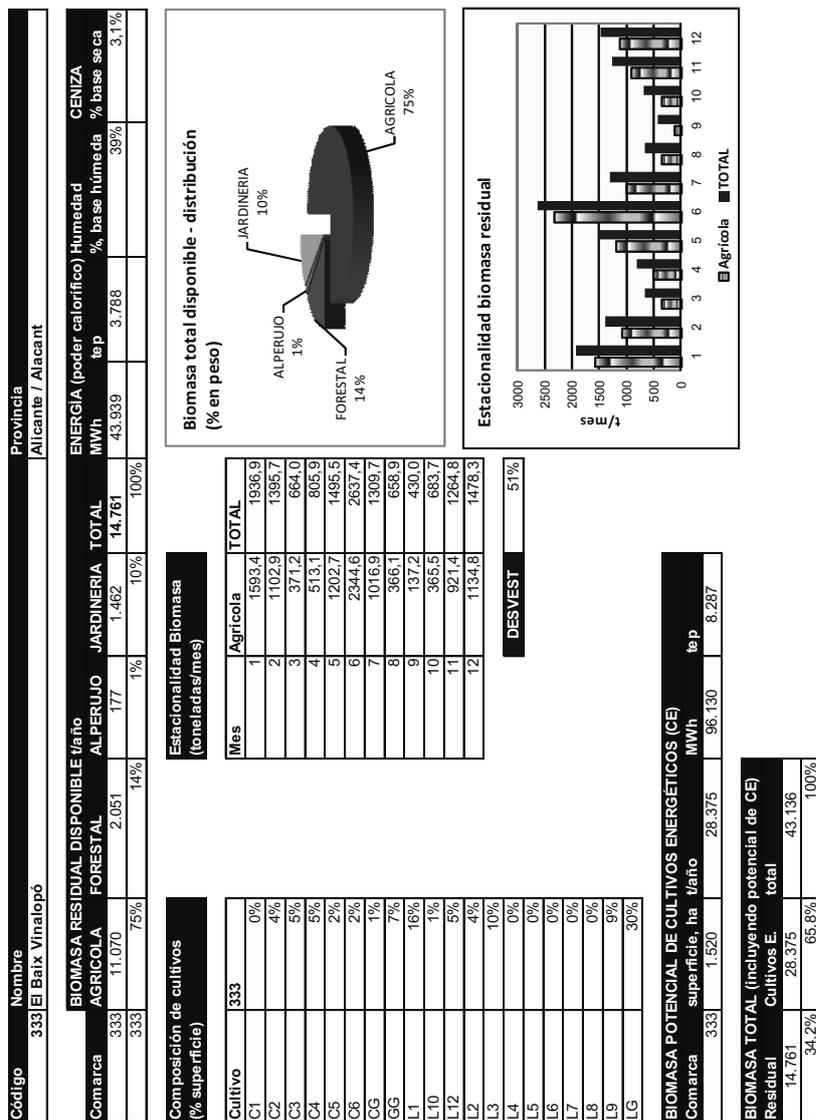


Figura A-8 Recursos de biomasa:El Baix Vinalopó

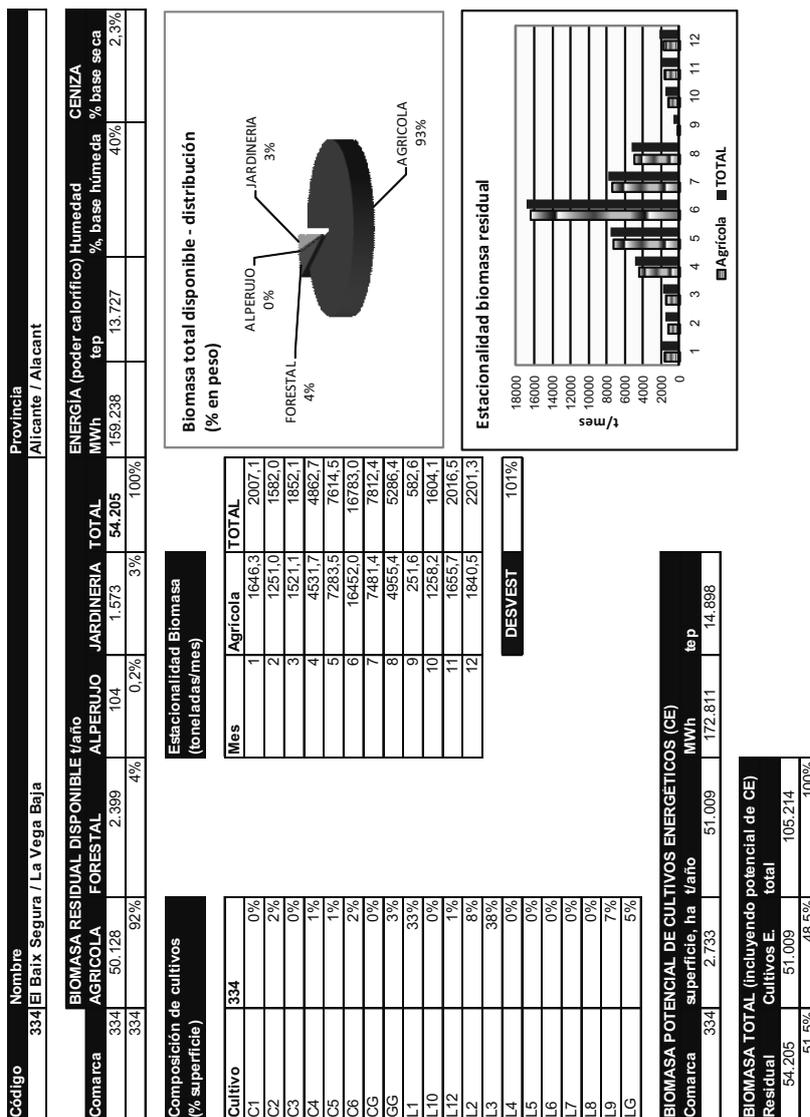


Figura A-9 Recursos de biomasa: El Baix Segura

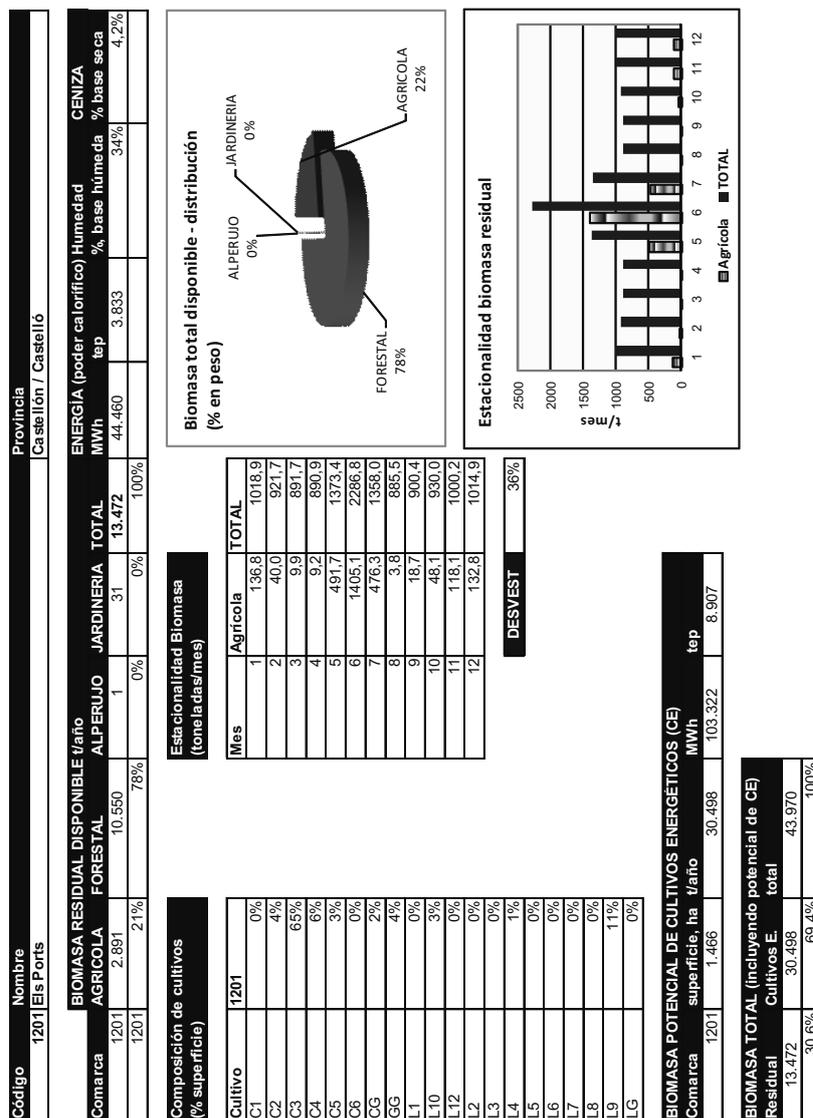


Figura A-10 Recursos de biomasa: Els Ports

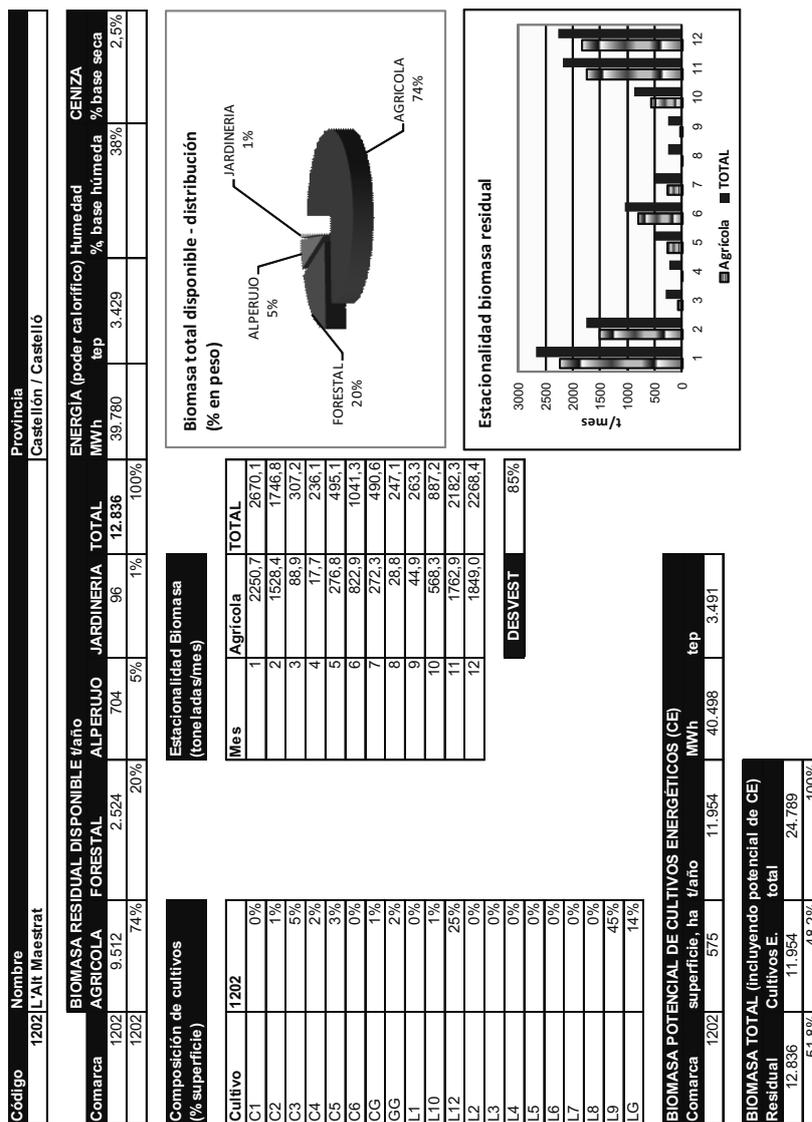


Figura A-11 Recursos de biomasa: L'Alt Maestrat

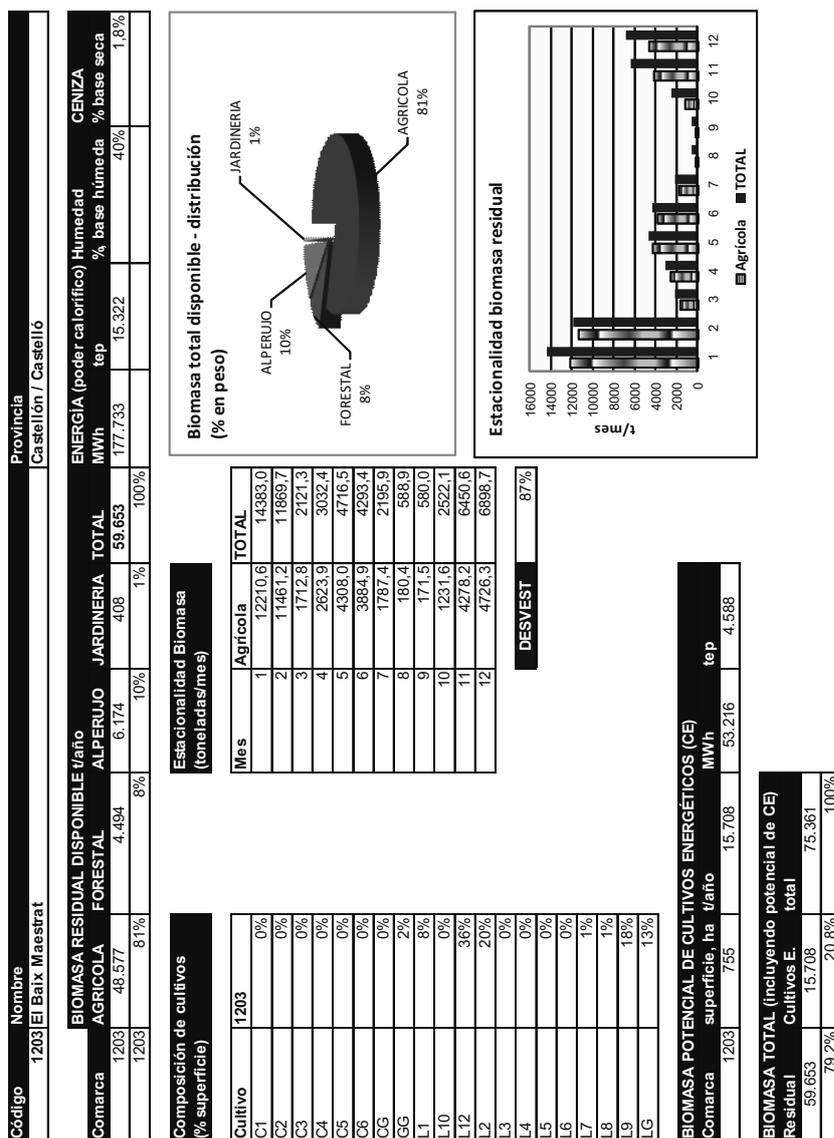


Figura A-12 Recursos de biomasa: El Baix Maestrat

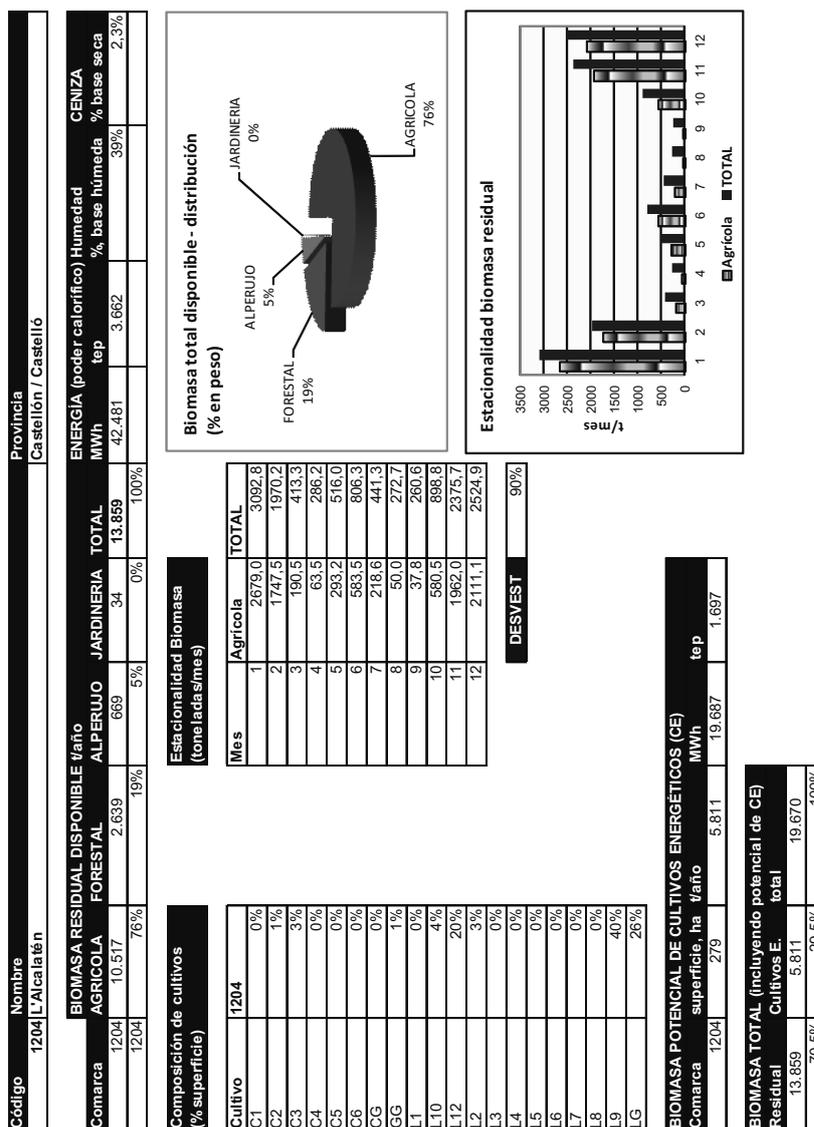


Figura A-13 Recursos de biomasa: L'Alcalatén

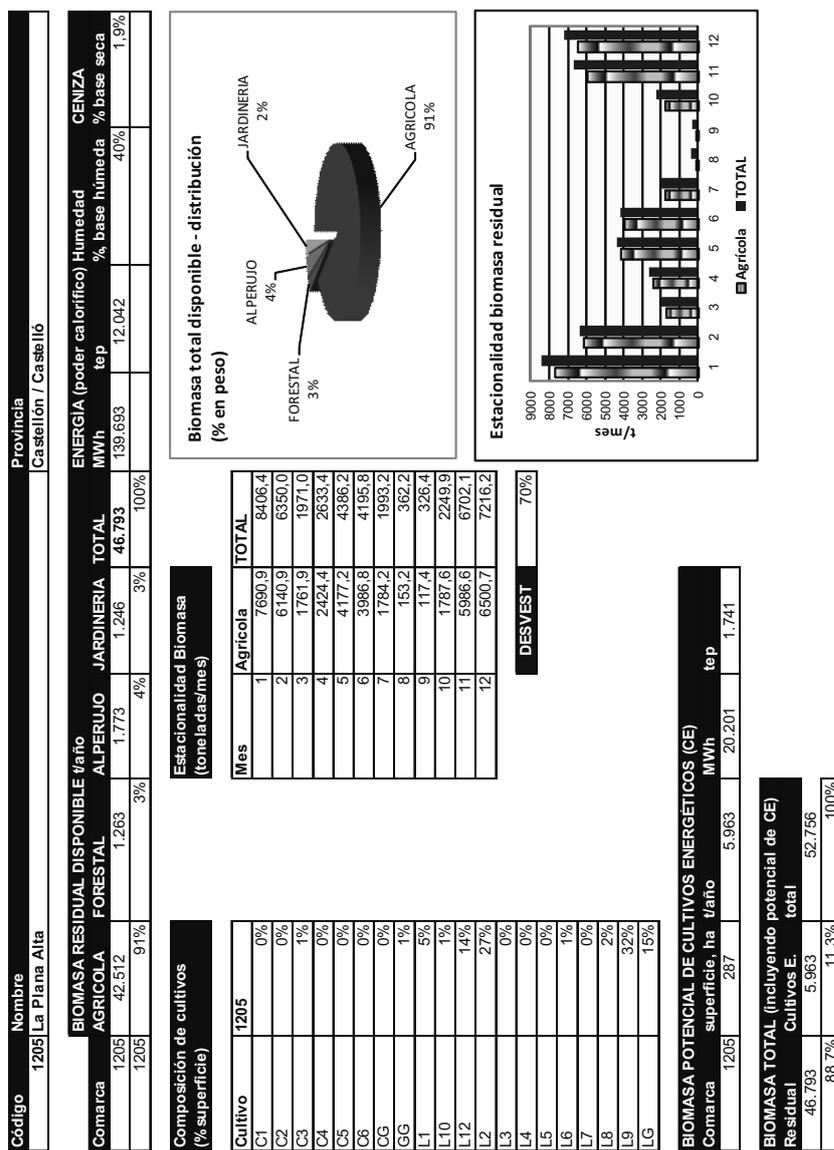


Figura A-14 Recursos de biomasa: La Plana Alta

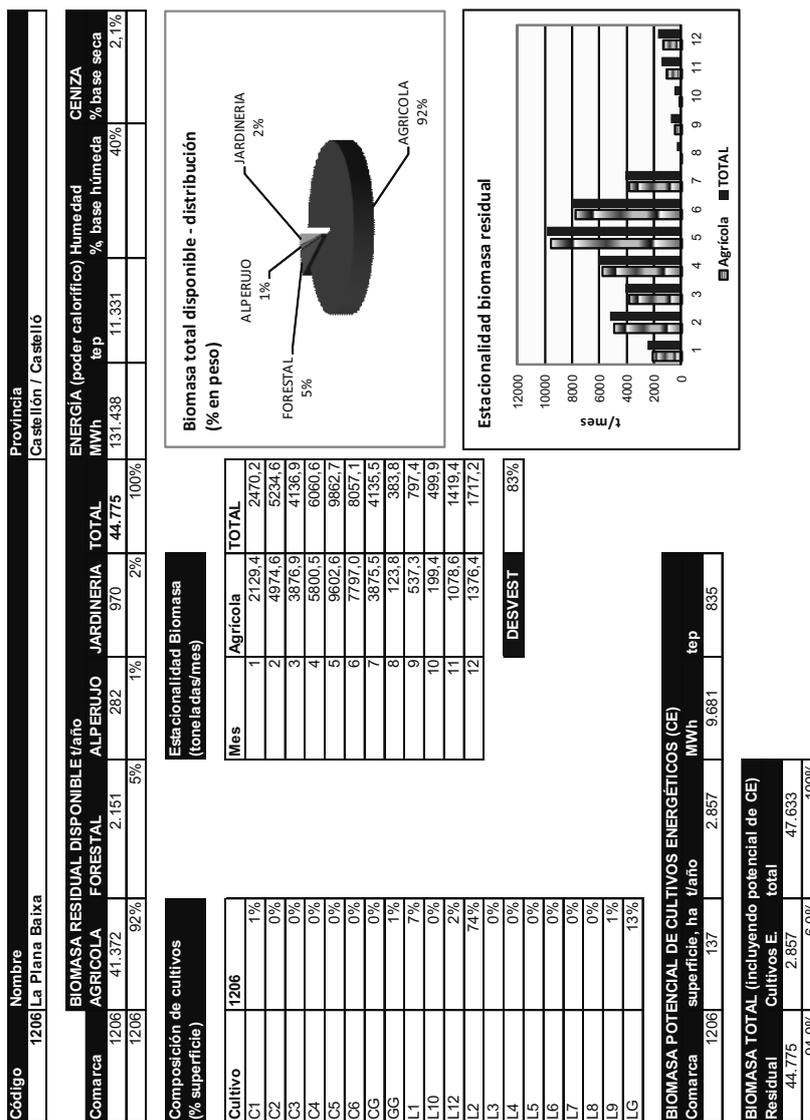


Figura A-15 Recursos de biomasa: La Plana Baja

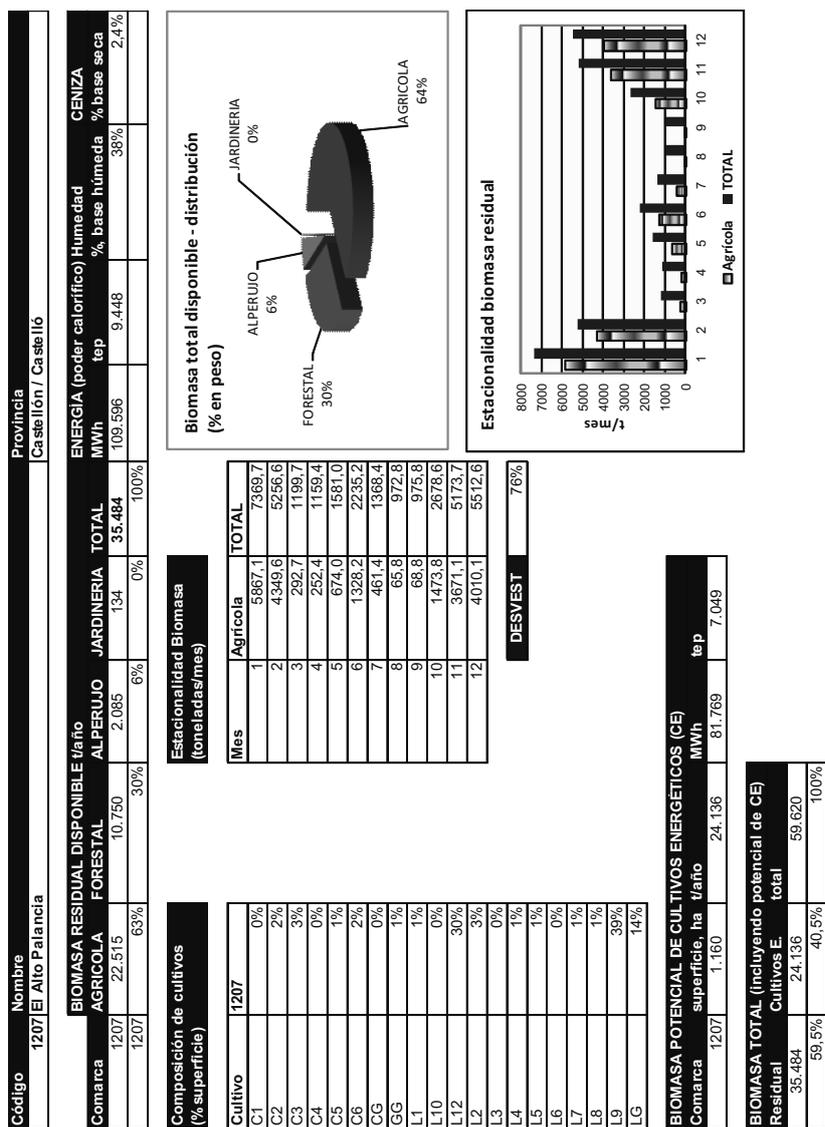


Figura A-16 Recursos de biomasa: El Alto Palancia

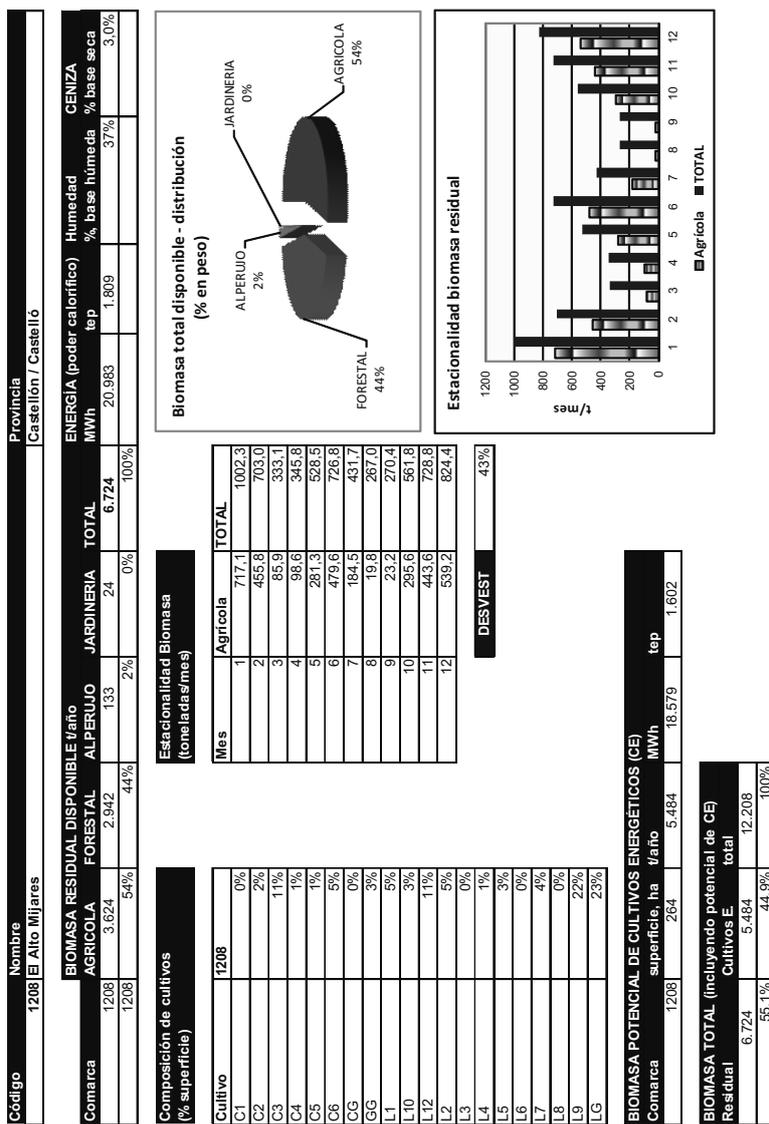


Figura A-17 Recursos de biomasa: El Alto Mijares

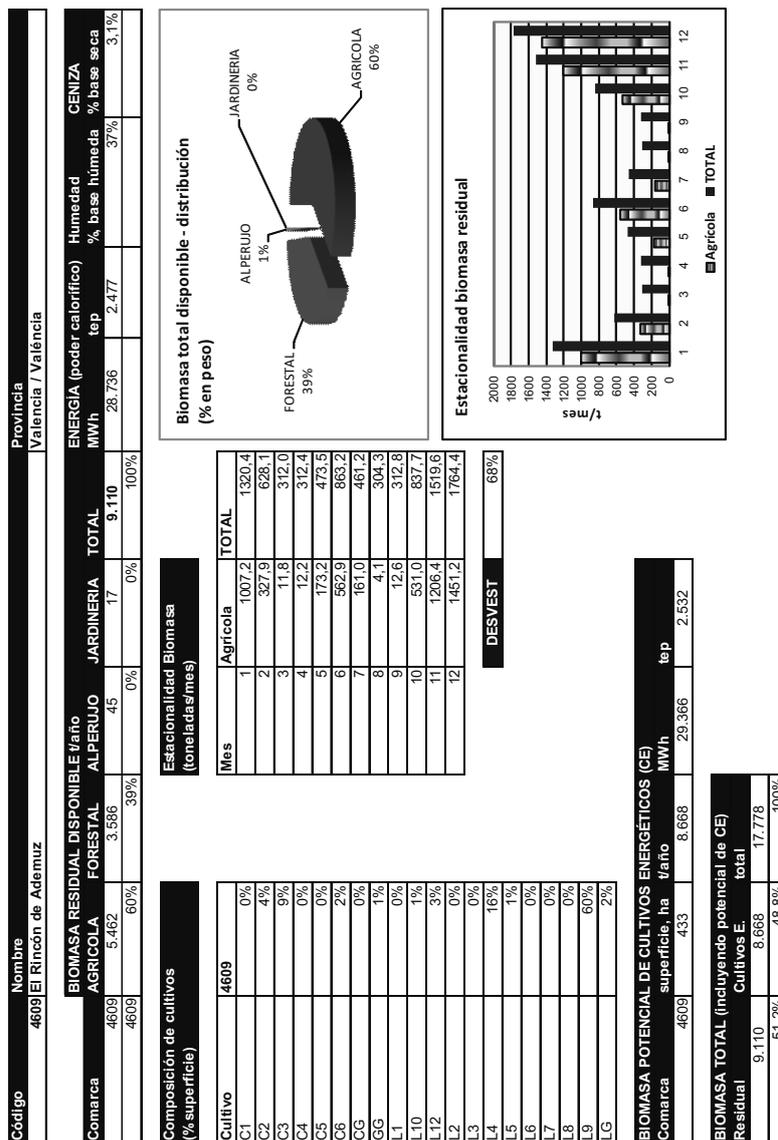


Figura A-18 Recursos de biomasa: El Rincón de Ademuz

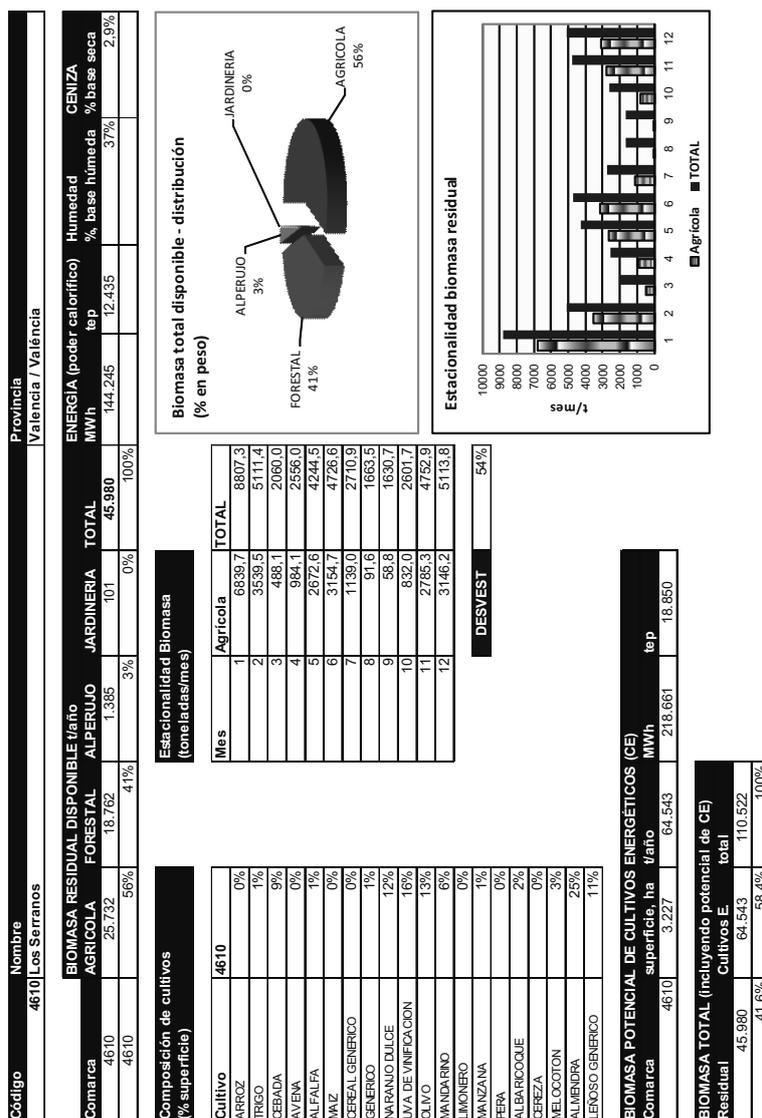


Figura A-19 Recursos de biomasa: Los Serranos

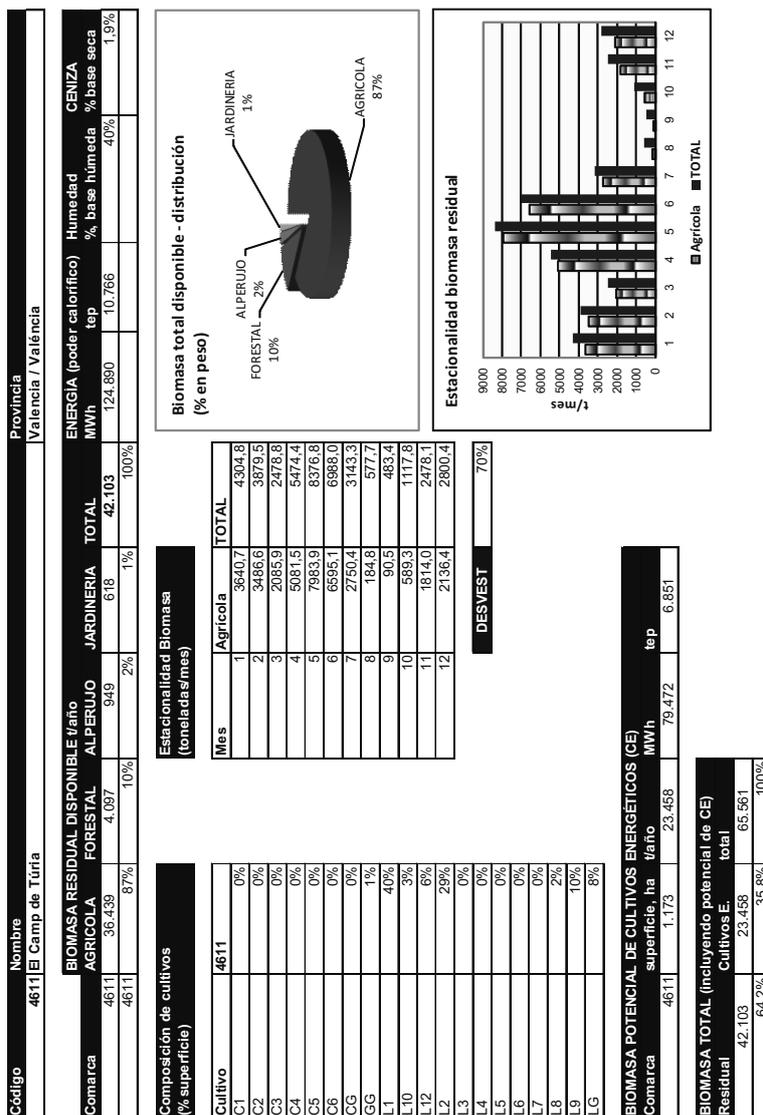


Figura A-20 Recursos de biomasa: El Camp de Túria

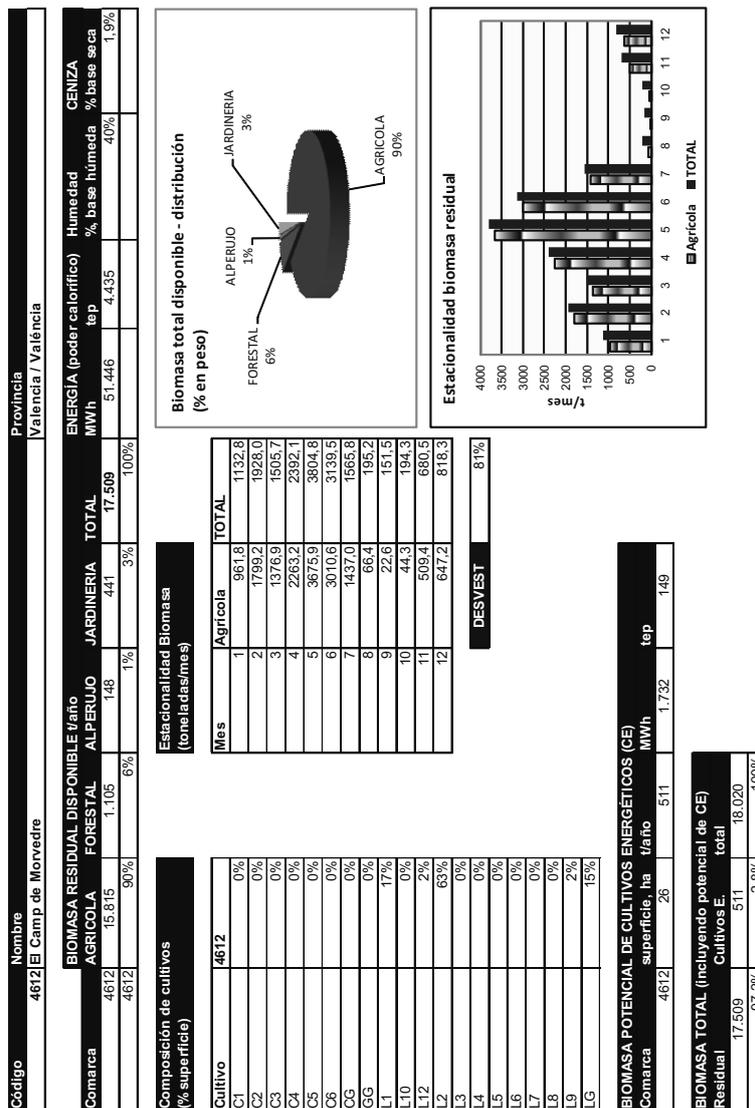


Figura A-21 Recursos de biomasa: El Camp de Morvedre

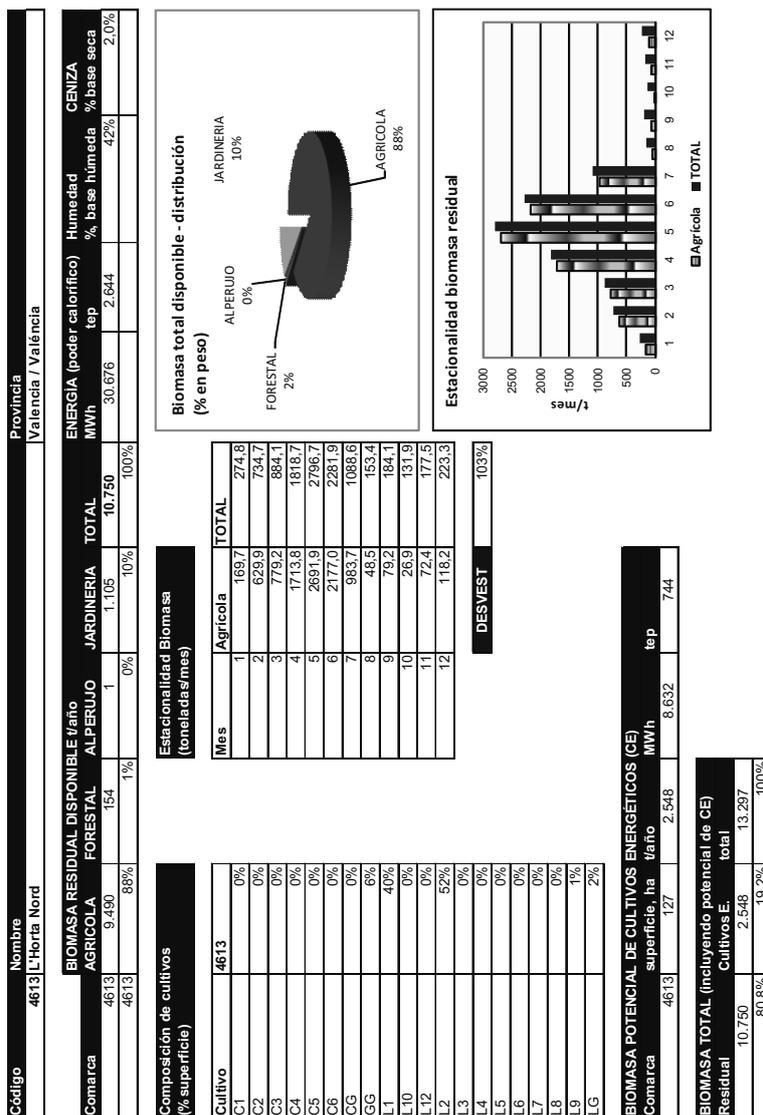


Figura A-22 Recursos de biomasa: L´Horda Nord

ANEXO A. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA A LA COMUNIDAD VALENCIANA

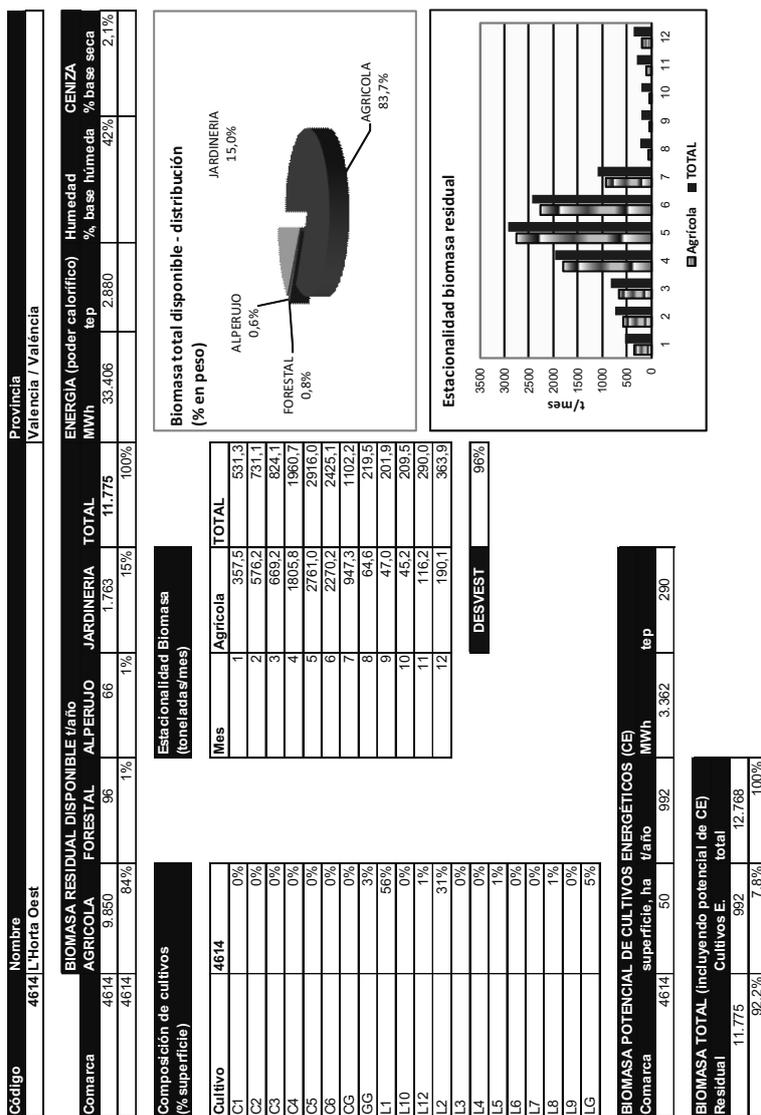


Figura A-23 Recursos de biomasa: L'Horta Oest

ANEXO A. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA A LA COMUNIDAD VALENCIANA

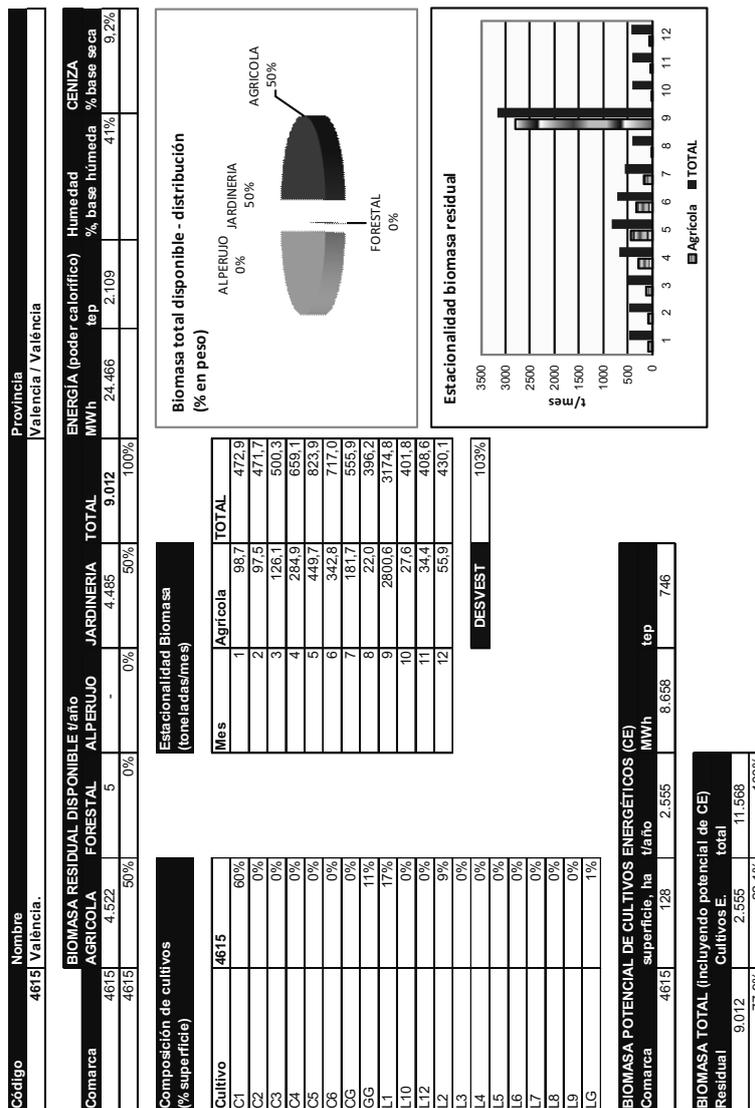


Figura A-24 Recursos de biomasa: Valencia

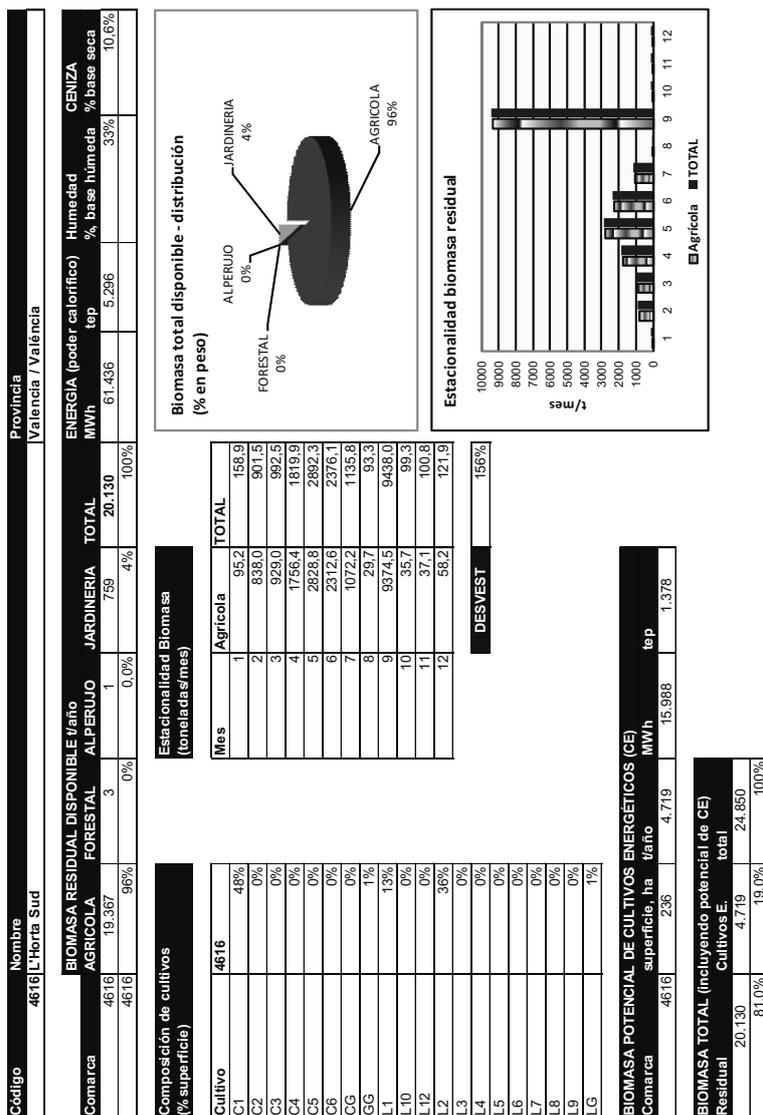


Figura A-25 Recursos de biomasa: L'Horta Sud

ANEXO A. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA A LA COMUNIDAD VALENCIANA

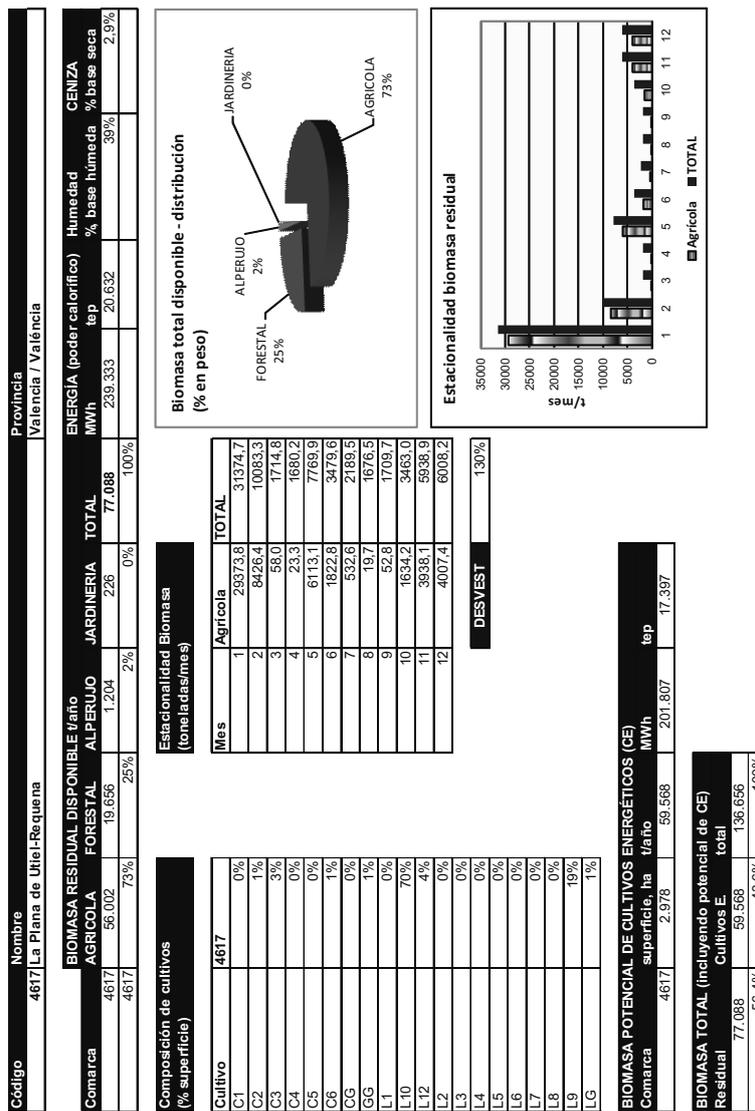


Figura A-26 Recursos de biomasa: La Plana de Utiel-Requena

ANEXO A. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA A LA COMUNIDAD VALENCIANA

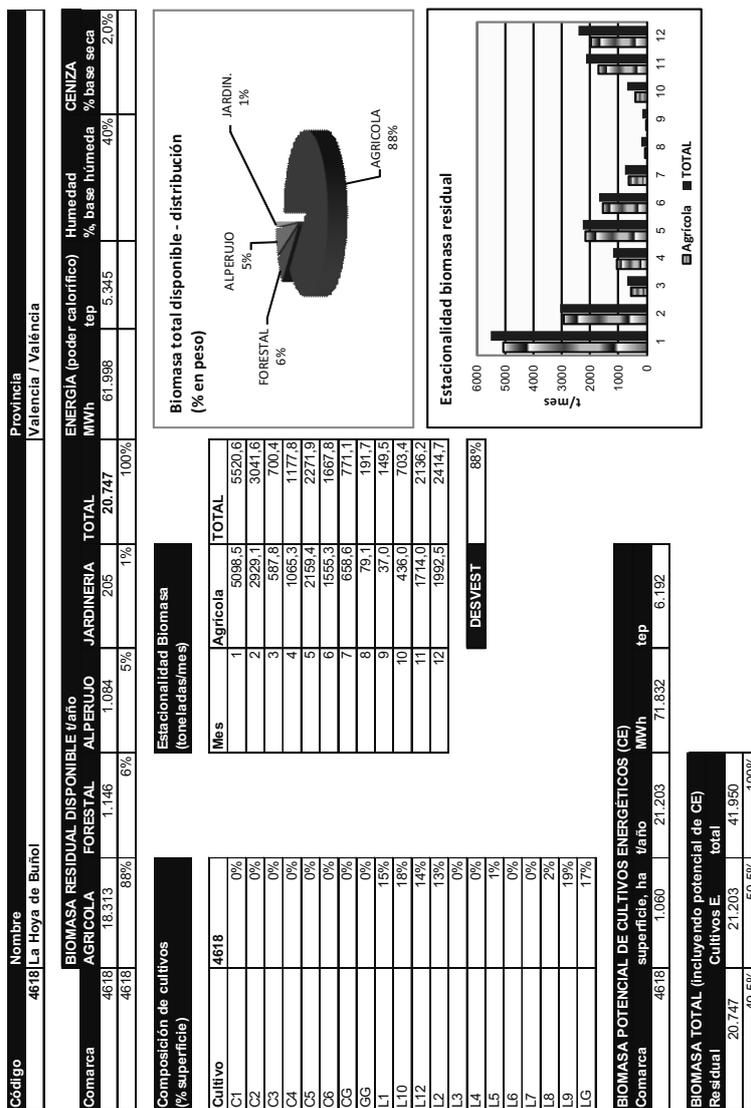


Figura A-27 Recursos de biomasa: La Hoya de Buñol

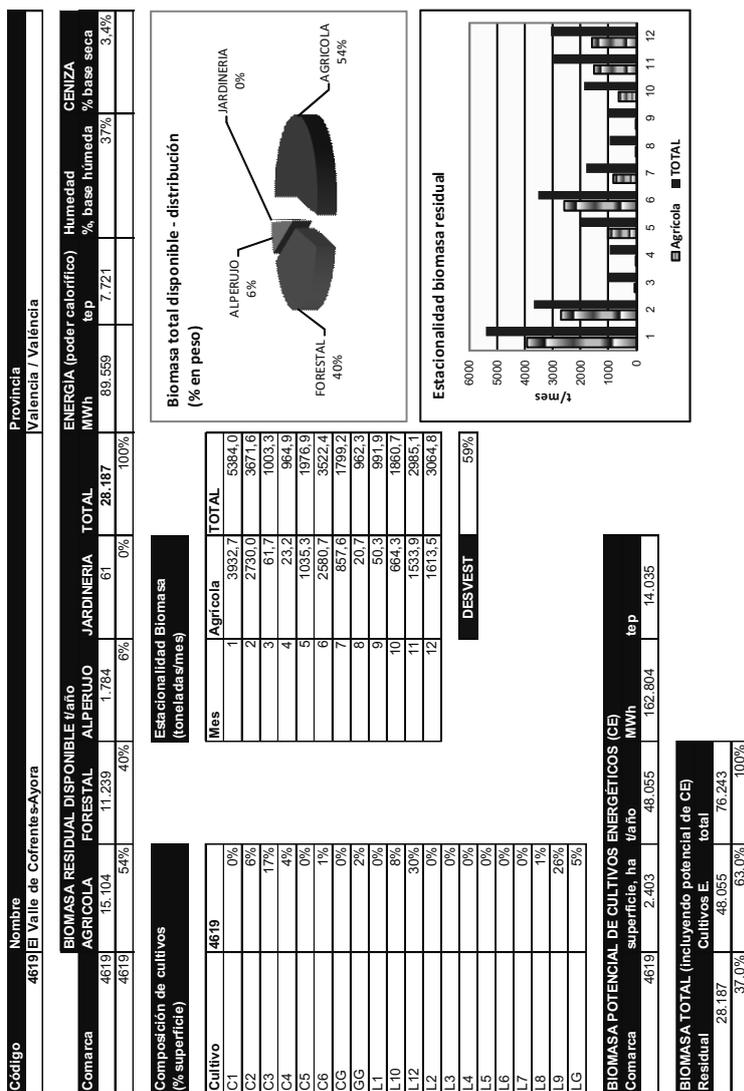


Figura A-28 Recursos de biomasa: El Valle de Cofrentes-Ayora

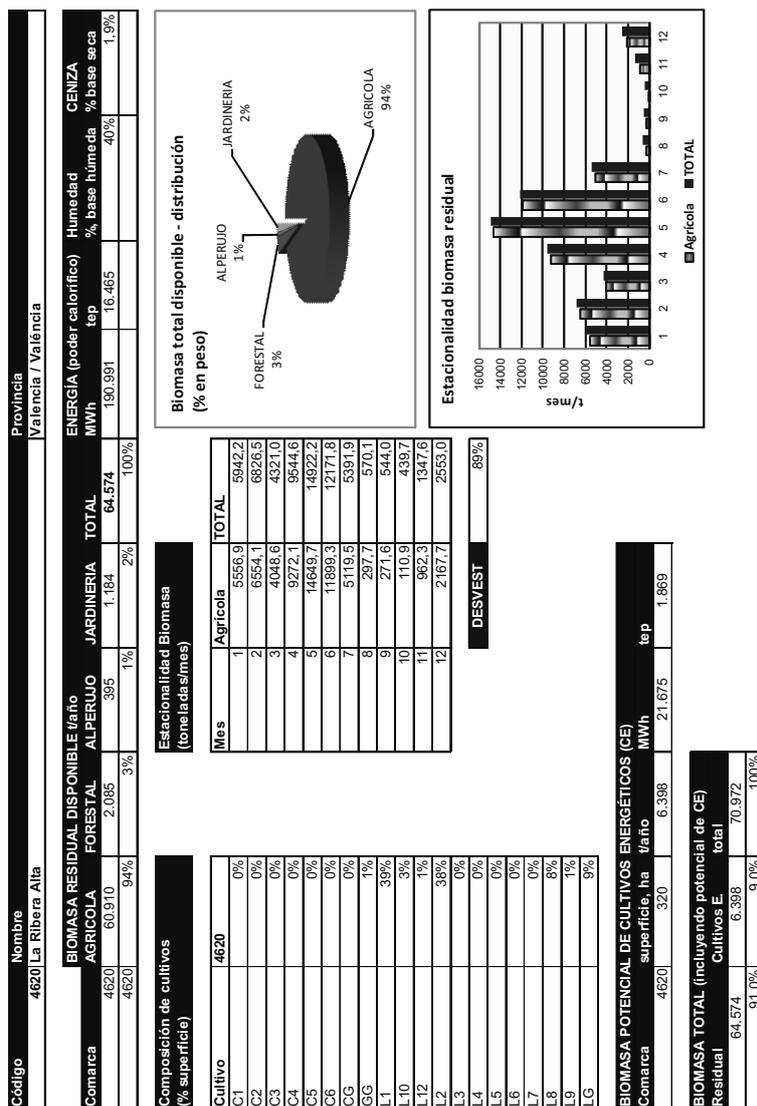


Figura A-29 Recursos de biomasa: La Ribera Alta



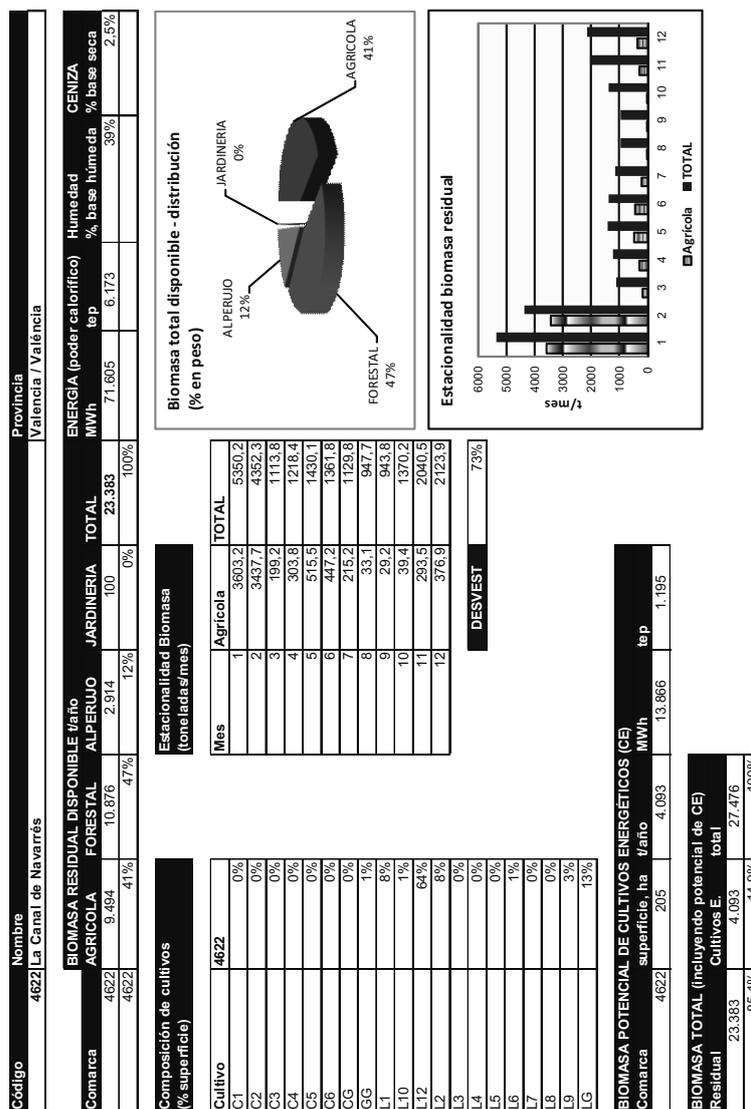


Figura A-31 Recursos de biomasa: La Canal de Navarrés

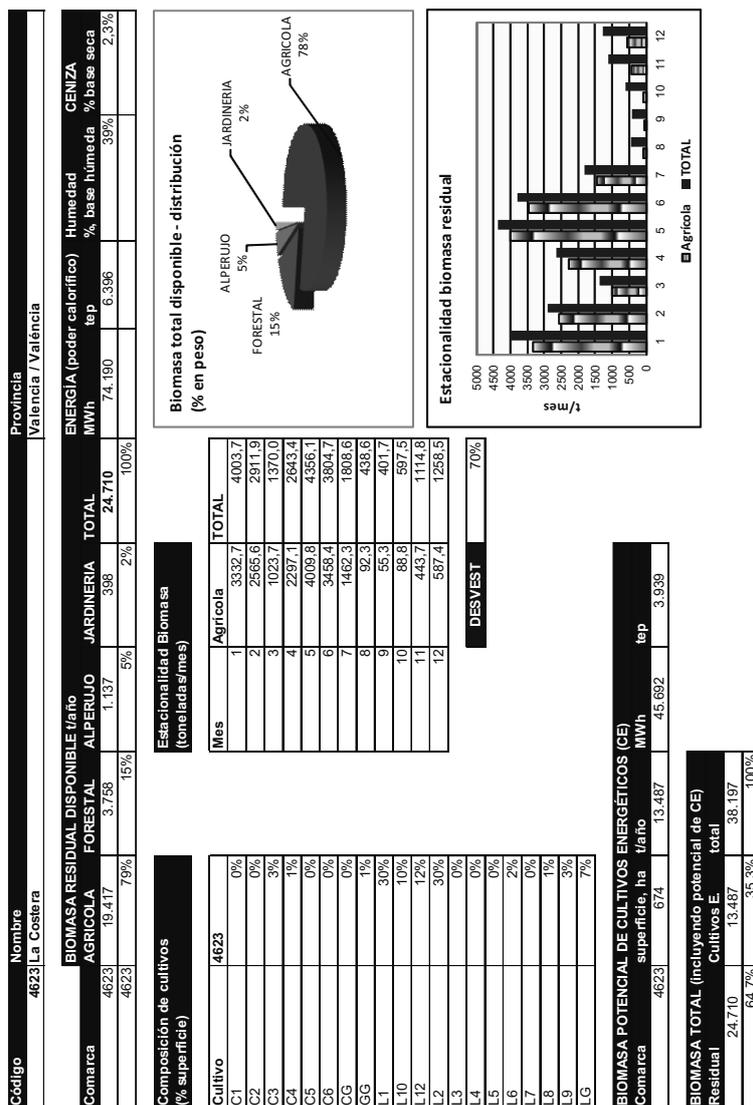


Figura A-32 Recursos de biomasa: La Costera

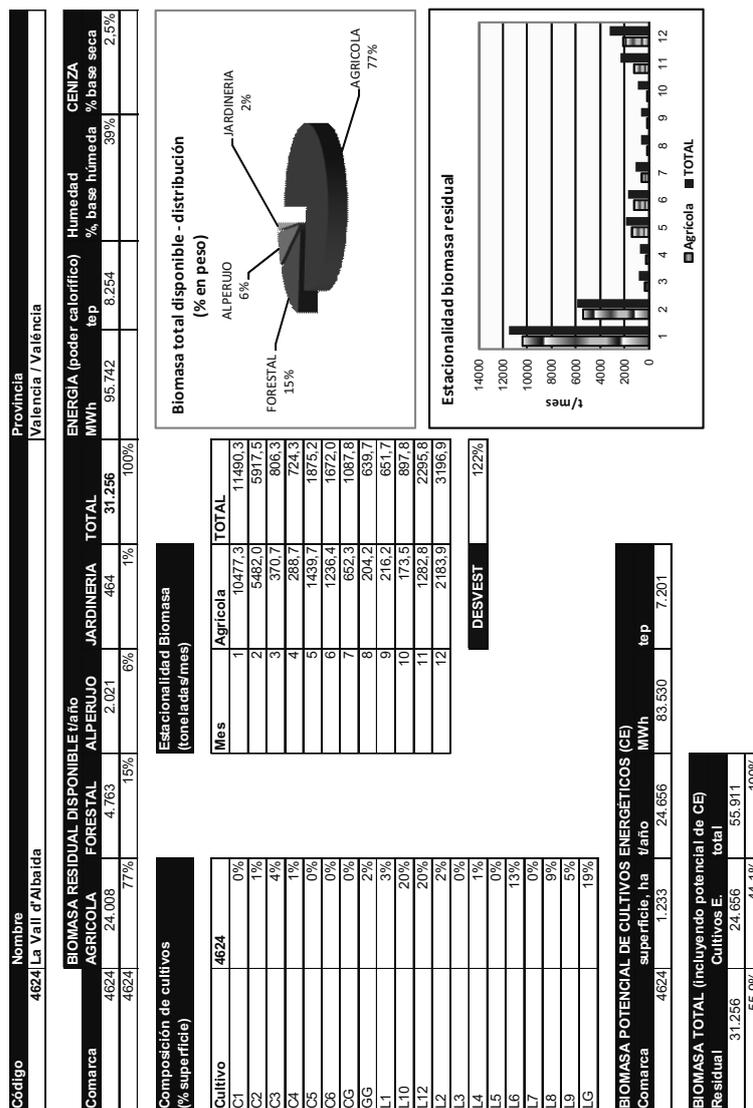


Figura A-33 Recursos de biomasa: La Vall d'Albaida

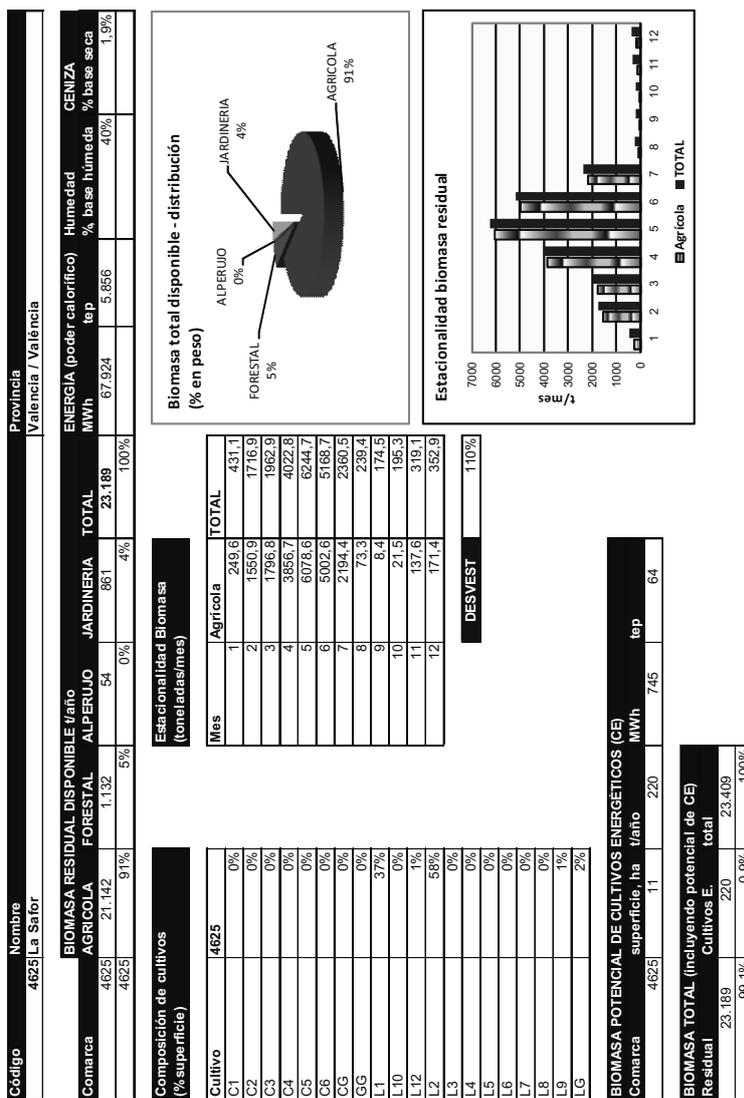


Figura A-34 Recursos de biomasa: La Safor

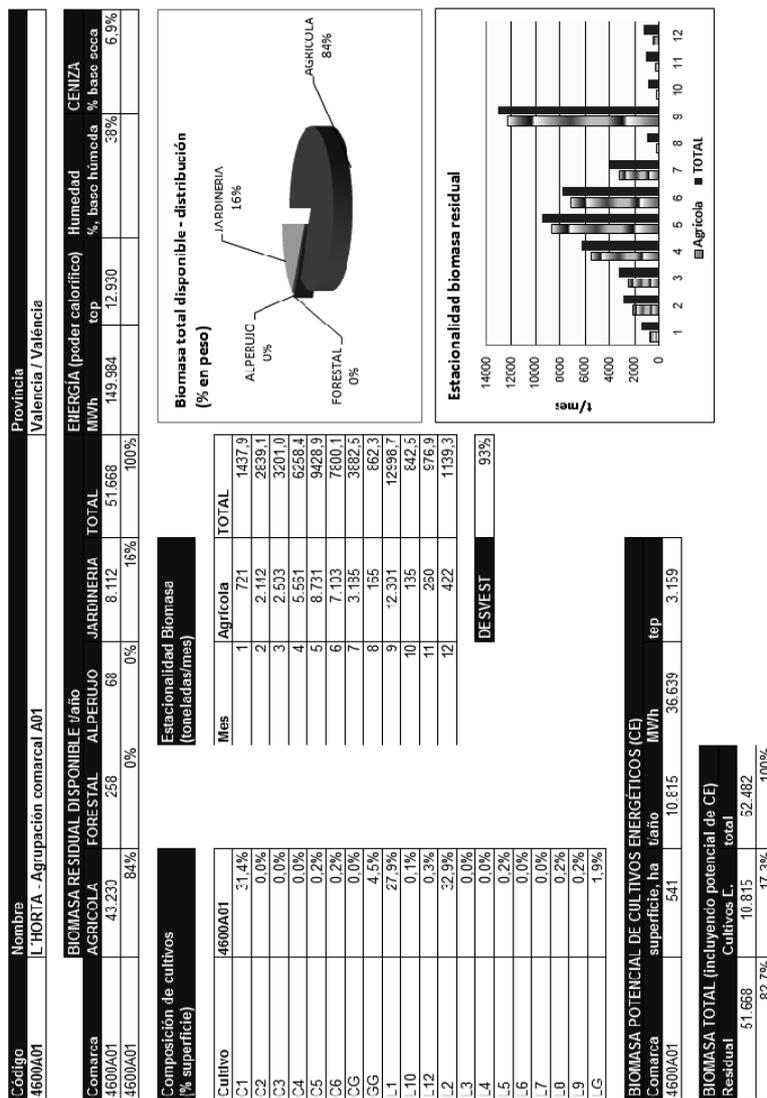


Figura A-35 Recursos de biomasa: L'Horta – Agrupación comarcal A01



**A.2.- Resultados de escenarios: Escenario de REFERENCIA**

En este apartado se adjuntan los resultados de los escenarios de referencia para todas las comarcas de la Comunidad Valenciana. Los principales datos input considerados para el balance económico y de emisiones son los siguientes:

Tabla A-II. Escenario de REFERENCIA: principales consideraciones.

Tiempo operación planta de pellets, h/ año	3200
Tiempo de operación teórico de la estructura logística, h/año	3200
Tiempo operación planta de generación/cogeneración , h/año	5000
Precio electricidad , €/kWh	0,125
precio calor, €/kWh	0,035
Precio pellet, €/kWh	120
Ahorro de emisiones por Pellet, kg.CO <sub>2</sub> / kWh <sub>pellet</sub>	0,2
Ahorro de emisiones Electricidad, kg.CO <sub>2</sub> / kWh <sub>electricidad</sub>	0,26
Ahorro de emisiones por kWh, kg.CO <sub>2</sub> / kWh <sub>calor</sub>	0,23
Aprovechamiento calor COGENERACIÓN (%respecto nominal)	75%

ANEXO A. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA A LA COMUNIDAD VALENCIANA

Tabla A-III. Escenario de REFERENCIA: principales resultados comarcales.

Identificación y resultados generales a nivel comarcal				
<b>Codigo comarca</b>	326	327	328	329
Nombre comarca	El Comtat	L'Alcoià	L'Alt Vinalopó / Alto Vinalopó	El Vinalopó Mitjà / El Vinalopó Medio
Área comarca, km2	377,8	539,7	644,8	798
Biomasa, t/año	14440	21158	29119	34758
Biomasa recibida, t/h - 3200 h/año	4,5	6,6	9,1	10,9
PCS promedio, kWh/kg	3,03	3,11	3,08	3,02
Ceniza, % base seca	2,0%	2,9%	2,8%	2,3%
Distancia media de recogida, km	11,22	15,12	15,75	17,89
Coste de transporte, €/t	21,98	19,80	21,56	22,00
Coste adicional biomasa:extracción+adquisición, €/t	0,00	0,00	0,00	0,00
Demanda:% de biom. Autoconsumo	82%	74%	9%	17%
Potenciales sitios de cogeneración	11	7	1	1
<b>Aplicación 1. Planta de producción de pellets [A1]</b>				
Producción de pellet, t/año	9173,59	13695,84	18519,47	21798,68
Producción de pellet, t/h	2,87	4,28	5,79	6,81
Coste específico instalación, k€/ (t/h)	738,7	607,7	524,7	484,6
PAYBACK SIMPLE, años	12,0	9,1	8,4	7,9
AHORRO de CO2, kg CO2 / kWh_biomasa	0,181	0,179	0,178	0,179
<b>Aplicación 2. Planta eléctrica - Gasificador más motor de combustión interna [B1.1]</b>				
Potencia Instalada, MW - 5000 h/año	2,10	3,20	4,39	5,14
Eficiencia eléctrica, %PCS	23,6%	24,0%	24,2%	24,3%
Eficiencia térmica, %PCS	32,3%	31,4%	30,7%	30,3%
Coste específico instalación, k€/kW	3152,6	2904,4	2719,3	2625,5
Coste específico instalación, k€/ (t/h)	2289	2196	2048	1943
PAYBACK SIMPLE, años	13,4	10,9	10,2	9,9
AHORRO de CO2, kg CO2 / kWh_biomasa	0,058	0,058	0,059	0,059
PAYBACK SIMPLE (COGENERACIÓN), años	8,7	7,5	7,0	6,8
AHORRO de CO2 (COGENERACIÓN), kg CO2 / kWh_biomasa	0,114	0,113	0,112	0,111
<b>Aplicación 3. Planta eléctrica - Turbina de vapor a condensación [B2]</b>				
Potencia Instalada, MW - 5000 h/año	1,10	2,01	2,98	3,61
Eficiencia eléctrica, %PCS	14,5%	15,7%	16,4%	16,8%
Eficiencia térmica, %PCS	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Coste específico instalación, k€/kW	1933,6	1770,6	1663,4	1611,9
Coste específico instalación, k€/ (t/h)	734	839	852	836
PAYBACK SIMPLE, años	13,6	8,3	7,4	7,0
AHORRO de CO2, kg CO2 / kWh_biomasa	0,028	0,035	0,038	0,040
<b>Aplicación 4. Planta eléctrica - Turbina de vapor ciclo ORC [B3]</b>				
Potencia Instalada, MW - 5000 h/año	1,26	1,90	2,59	3,03
Eficiencia eléctrica, %PCS	14,3%	14,3%	14,3%	14,3%
Eficiencia térmica, %PCS	63,3%	63,3%	63,3%	63,3%
Coste específico instalación, k€/kW	1717,5	1500,0	1500,0	1500,0
Coste específico instalación, k€/ (t/h)	750	674	667	653
PAYBACK SIMPLE, años	10,4	7,9	7,9	7,9
AHORRO de CO2, kg CO2 / kWh_biomasa	0,033	0,033	0,033	0,032
PAYBACK SIMPLE (COGENERACIÓN), años	3,5	2,9	2,8	2,8
AHORRO de CO2 (COGENERACIÓN), kg CO2 / kWh_biomasa	0,143	0,143	0,143	0,143

ANEXO A. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA A LA COMUNIDAD VALENCIANA

Tabla A-III. Escenario de REFERENCIA: principales resultados comarcales (CONTINUACION).

Identificación y resultados generales a nivel comarcal				
Codigo comarca	330	331	332	333
Nombre comarca	La Marina Alta	La Marina Baixa	L'Alacantí	El Baix Vinalopó
Area comarca, km2	758	578,7	673,6	488,8
Biomasa, t/año	21615	17881	15746	14761
Biomasa recibida, t/h - 3200 h/año	6,8	5,6	4,9	4,6
PCS promedio, kwh/kg	2,96	3,02	2,96	2,98
Ceniza, % base seca	2,6%	2,2%	2,4%	3,1%
Distancia media de recogida, km	14,86	15,47	18,02	17,52
Coste de transporte, €/t	19,09	18,91	19,91	19,18
Coste adicional biomasa:extracción+adquisición, €/t	0,00	0,00	0,00	0,00
Demanda:% de biom. Autoconsumo	30%	69%	563%	85%
Potenciales sitios de cogeneración	0	1	12	2
Aplicación 1. Planta de producción de pellets [A1]				
Producción de pellet, t/año	13711,10	11282,15	9753,47	9279,44
Producción de pellet, t/h	4,28	3,53	3,05	2,90
Coste específico instalación, k€/ (t/h)	607,4	667,9	717,0	734,6
PAYBACK SIMPLE, años	9,1	10,0	11,2	11,0
AHORRO de CO2kg CO2 / kWh_biomasa	0,184	0,180	0,180	0,182
Aplicación 2. Planta eléctrica - Gasificador más motor de combustión interna [B1.1]				
Potencia Instalada, MW - 5000 h/año	3,11	2,61	2,24	2,11
Eficiencia eléctrica, %PCS	23,9%	23,8%	23,7%	23,6%
Eficiencia térmica, %PCS	31,4%	31,8%	32,2%	32,3%
Coste específico instalación, k€/kW	2921,2	3023,1	3113,0	3149,2
Coste específico instalación, k€/ (t/h)	2101	2210	2217	2250
PAYBACK SIMPLE, años	11,1	11,6	12,6	12,6
AHORRO de CO2, kg CO2 / kWh_biomasa	0,058	0,058	0,057	0,057
PAYBACK SIMPLE (COGENERACIÓN), años	7,6	7,8	8,3	8,4
AHORRO de CO2 (COGENERACIÓN), kg CO2 / kWh_biomasa	0,113	0,114	0,114	0,114
Aplicación 3. Planta eléctrica - Turbina de vapor a condensación [B2]				
Potencia Instalada, MW - 5000 h/año	1,93	1,52	1,22	1,11
Eficiencia eléctrica, %PCS	15,6%	15,1%	14,7%	14,5%
Eficiencia térmica, %PCS	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Coste específico instalación, k€/kW	1780,8	1845,0	1905,5	1931,2
Coste específico instalación, k€/ (t/h)	795	786	737	724
PAYBACK SIMPLE, años	8,7	9,6	11,7	12,0
AHORRO de CO2, kg CO2 / kWh_biomasa	0,034	0,032	0,029	0,028
Aplicación 4. Planta eléctrica - Turbina de vapor ciclo ORC [B3]				
Potencia Instalada, MW - 5000 h/año	1,85	1,56	1,35	1,27
Eficiencia eléctrica, %PCS	14,3%	14,3%	14,3%	14,3%
Eficiencia térmica, %PCS	63,3%	63,3%	63,3%	63,3%
Coste específico instalación, k€/kW	1500,0	1500,0	1643,0	1711,1
Coste específico instalación, k€/ (t/h)	641	655	702	735
PAYBACK SIMPLE, años	8,1	8,2	9,5	9,5
AHORRO de CO2, kg CO2 / kWh_biomasa	0,033	0,033	0,032	0,032
PAYBACK SIMPLE (COGENERACIÓN), años	3,0	3,0	3,3	3,4
AHORRO de CO2 (COGENERACIÓN), kg CO2 / kWh_biomasa	0,143	0,143	0,143	0,143

ANEXO A. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA A LA COMUNIDAD VALENCIANA

Tabla A-III. Escenario de REFERENCIA: principales resultados comarcales (CONTINUACION).

Identificación y resultados generales a nivel comarcal				
Codigo comarca	334	1201	1202	1203
Nombre comarca	El Baix Segura / La Vega Baja	Els Ports	L'Alt Maestrat	El Baix Maestrat
Area comarca, km2	957,3	904,1	663,2	1221,3
Biomasa, t/año	54205	13472	12836	59653
Biomasa recibida, t/h - 3200 h/año	16,9	4,2	4,0	18,6
PCS promedio, kwh/kg	2,94	3,30	3,10	2,98
Ceniza, % base seca	2,3%	4,2%	2,5%	1,8%
Distancia media de recogida, km	12,82	20,35	17,26	21,34
Coste de transporte, €/t	19,92	19,48	20,30	21,45
Coste adicional biomasa:extracción+adquisición, €/t	0,00	0,00	0,00	0,00
Demanda:% de biom. Autoconsumo	16%	3%	55%	16%
Potenciales sitios de cogeneración	1	0	0	1
Aplicación 1. Planta de producción de pellets [A1]				
Producción de pellet, t/año	33618,04	9267,24	8243,34	37083,91
Producción de pellet, t/h	10,51	2,90	2,58	11,59
Coste específico instalación, k€/ (t/h)	392,5	735,1	778,2	374,1
PAYBACK SIMPLE, años	5,9	10,2	11,8	5,8
AHORRO de CO2kg CO2 / kWh_biomasa	0,182	0,179	0,178	0,179
Aplicación 2. Planta eléctrica - Gasificador más motor de combustión interna [B1.1]				
Potencia Instalada, MW - 5000 h/año	7,85	2,13	1,90	8,77
Eficiencia eléctrica, %PCS	24,7%	23,6%	23,5%	24,7%
Eficiencia térmica, %PCS	29,4%	32,3%	32,5%	29,1%
Coste específico instalación, k€/kW	2377,5	3142,0	3209,9	2312,4
Coste específico instalación, k€/ (t/h)	1721	2489	2378	1700
PAYBACK SIMPLE, años	8,2	11,9	13,1	8,0
AHORRO de CO2, kg CO2 / kWh_biomasa	0,059	0,058	0,057	0,059
PAYBACK SIMPLE (COGENERACIÓN), años	5,9	8,0	8,6	5,8
AHORRO de CO2 (COGENERACIÓN), kg CO2 / kWh_biomasa	0,110	0,114	0,114	0,109
Aplicación 3. Planta eléctrica - Turbina de vapor a condensación [B2]				
Potencia Instalada, MW - 5000 h/año	5,83	1,13	0,94	6,59
Eficiencia eléctrica, %PCS	17,7%	14,6%	14,2%	17,9%
Eficiencia térmica, %PCS	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Coste específico instalación, k€/kW	1482,0	1926,0	1976,4	1449,0
Coste específico instalación, k€/ (t/h)	798	806	721	801
PAYBACK SIMPLE, años	5,6	10,7	13,8	5,5
AHORRO de CO2, kg CO2 / kWh_biomasa	0,043	0,028	0,026	0,043
Aplicación 4. Planta eléctrica - Turbina de vapor ciclo ORC [B3]				
Potencia Instalada, MW - 5000 h/año	4,60	1,28	1,15	5,13
Eficiencia eléctrica, %PCS	14,3%	14,3%	14,3%	14,3%
Eficiencia térmica, %PCS	63,3%	63,3%	63,3%	63,3%
Coste específico instalación, k€/kW	1500,0	1697,6	1824,9	1500,0
Coste específico instalación, k€/ (t/h)	636	808	816	645
PAYBACK SIMPLE, años	6,8	8,6	10,0	6,8
AHORRO de CO2, kg CO2 / kWh_biomasa	0,033	0,033	0,033	0,032
PAYBACK SIMPLE (COGENERACIÓN), años	2,5	3,2	3,5	2,5
AHORRO de CO2 (COGENERACIÓN), kg CO2 / kWh_biomasa	0,143	0,143	0,143	0,142

ANEXO A. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA A LA COMUNIDAD VALENCIANA

Tabla A-III. Escenario de REFERENCIA: principales resultados comarcales (CONTINUACION).

Identificación y resultados generales a nivel comarcal				
Codigo comarca	1204	1205	1206	1207
Nombre comarca	L'Alcalatén	La Plana Alta	La Plana Baixa	El Alto Palancia
Area comarca, km2	648,7	957,3	605,2	965,2
Biomasa, t/año	13859	46793	44775	35484
Biomasa recibida, t/h - 3200 h/año	4,3	14,6	14,0	11,1
PCS promedio, kwh/kg	3,07	2,99	2,94	3,09
Ceniza, % base seca	2,3%	1,9%	2,1%	2,4%
Distancia media de recogida, km	15,35	20,41	13,15	18,35
Coste de transporte, €/t	20,03	20,53	19,20	20,22
Coste adicional biomasa:extracción+adquisición, €/t	0,00	0,00	0,00	0,00
Demanda:% de biom. Autoconsumo	1%	94%	48%	3%
Potenciales sitios de cogeneración	0	4	0	0
Aplicación 1. Planta de producción de pellets [A1]				
Producción de pellet, t/año	8808,31	29096,19	27880,25	22704,39
Producción de pellet, t/h	2,75	9,09	8,71	7,10
Coste específico instalación, k€/ (t/h)	753,5	421,1	429,9	475,1
PAYBACK SIMPLE, años	11,5	6,5	6,4	7,2
AHORRO de CO2kg CO2 / kWh_biomasa	0,179	0,179	0,183	0,178
Aplicación 2. Planta eléctrica - Gasificador más motor de combustión interna [B1.1]				
Potencia Instalada, MW - 5000 h/año	2,04	6,88	6,46	5,38
Eficiencia eléctrica, %PCS	23,6%	24,6%	24,5%	24,4%
Eficiencia térmica, %PCS	32,4%	29,7%	29,8%	30,2%
Coste específico instalación, k€/kW	3169,8	2455,2	2491,4	2599,6
Coste específico instalación, k€/ (t/h)	2329	1804	1799	1970
PAYBACK SIMPLE, años	12,8	8,6	8,7	9,2
AHORRO de CO2, kg CO2 / kWh_biomasa	0,057	0,059	0,059	0,059
PAYBACK SIMPLE (COGENERACIÓN), años	8,4	6,2	6,2	6,5
AHORRO de CO2 (COGENERACIÓN), kg CO2 / kWh_biomasa	0,114	0,110	0,111	0,111
Aplicación 3. Planta eléctrica - Turbina de vapor a condensación [B2]				
Potencia Instalada, MW - 5000 h/año	1,05	5,03	4,69	3,80
Eficiencia eléctrica, %PCS	14,4%	17,4%	17,3%	16,9%
Eficiencia térmica, %PCS	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Coste específico instalación, k€/kW	1946,2	1521,9	1540,8	1598,0
Coste específico instalación, k€/ (t/h)	735	818	808	855
PAYBACK SIMPLE, años	12,6	5,9	6,0	6,4
AHORRO de CO2, kg CO2 / kWh_biomasa	0,027	0,041	0,042	0,040
Aplicación 4. Planta eléctrica - Turbina de vapor ciclo ORC [B3]				
Potencia Instalada, MW - 5000 h/año	1,23	4,03	3,79	3,16
Eficiencia eléctrica, %PCS	14,3%	14,3%	14,3%	14,3%
Eficiencia térmica, %PCS	63,3%	63,3%	63,3%	63,3%
Coste específico instalación, k€/kW	1749,7	1500,0	1500,0	1500,0
Coste específico instalación, k€/ (t/h)	774	646	635	669
PAYBACK SIMPLE, años	9,7	7,0	6,9	7,2
AHORRO de CO2, kg CO2 / kWh_biomasa	0,033	0,032	0,033	0,032
PAYBACK SIMPLE (COGENERACIÓN), años	3,4	2,6	2,6	2,6
AHORRO de CO2 (COGENERACIÓN), kg CO2 / kWh_biomasa	0,143	0,142	0,143	0,143

ANEXO A. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA A LA COMUNIDAD VALENCIANA

Tabla A-III. Escenario de REFERENCIA: principales resultados comarcales (CONTINUACION).

Identificación y resultados generales a nivel comarcal				
Codigo comarca	1208	4609	4610	4611
Nombre comarca	El Alto Mijares	El Rincón de Ademuz	Los Serranos	El Camp de Túria
Area comarca, km2	667,1	370,2	1405,3	823,4
Biomasa, t/año	6724	9110	45980	42103
Biomasa recibida, t/h - 3200 h/año	2,1	2,8	14,4	13,2
PCS promedio, kwh/kg	3,12	3,15	3,14	2,97
Ceniza, % base seca	3,0%	3,1%	2,9%	1,9%
Distancia media de recogida, km	15,25	9,47	22,89	16,09
Coste de transporte, €/t	18,39	17,77	20,73	19,43
Coste adicional biomasa:extracción+adquisición, €/t	0,00	0,00	0,00	0,00
Demanda:% de biom. Autoconsumo	2%	1%	1%	33%
Potenciales sitios de cogeneración	0	0	0	7
<b>Aplicación 1. Planta de producción de pellets [A1]</b>				
Producción de pellet, t/año	4373,88	5925,12	29888,08	26220,25
Producción de pellet, t/h	1,37	1,85	9,34	8,19
Coste específico instalación, k€/ (t/h)	1.059,6	914,0	415,6	442,9
PAYBACK SIMPLE, años	14,6	12,6	6,2	6,7
AHORRO de CO2kg CO2 / kWh_biomasa	0,180	0,178	0,178	0,181
<b>Aplicación 2. Planta eléctrica - Gasificador más motor de combustión interna [B1.1]</b>				
Potencia Instalada, MW - 5000 h/año	0,97	1,35	7,10	6,14
Eficiencia eléctrica, %PCS	23,0%	23,3%	24,6%	24,5%
Eficiencia térmica, %PCS	34,1%	33,3%	29,6%	29,9%
Coste específico instalación, k€/kW	3607,6	3410,3	2436,2	2521,8
Coste específico instalación, k€/ (t/h)	2592	2531	1881	1838
PAYBACK SIMPLE, años	15,5	13,6	8,4	8,8
AHORRO de CO2, kg CO2 / kWh_biomasa	0,055	0,057	0,059	0,059
PAYBACK SIMPLE (COGENERACIÓN), años	9,7	8,9	6,0	6,3
AHORRO de CO2 (COGENERACIÓN), kg CO2 / kWh_biomasa	0,114	0,115	0,110	0,111
<b>Aplicación 3. Planta eléctrica - Turbina de vapor a condensación [B2]</b>				
Potencia Instalada, MW - 5000 h/año	0,17	0,48	5,22	4,43
Eficiencia eléctrica, %PCS	10,9%	13,0%	17,5%	17,1%
Eficiencia térmica, %PCS	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Coste específico instalación, k€/kW	2444,3	2154,9	1512,1	1556,7
Coste específico instalación, k€/ (t/h)	301	572	858	818
PAYBACK SIMPLE, años	-	38,2	23,3	5,7
AHORRO de CO2, kg CO2 / kWh_biomasa	0,006	0,018	0,042	0,041
<b>Aplicación 4. Planta eléctrica - Turbina de vapor ciclo ORC [B3]</b>				
Potencia Instalada, MW - 5000 h/año	0,61	0,83	4,16	3,60
Eficiencia eléctrica, %PCS	14,3%	14,3%	14,3%	14,3%
Eficiencia térmica, %PCS	63,3%	63,3%	63,3%	63,3%
Coste específico instalación, k€/kW	2556,9	2197,1	1500,0	1500,0
Coste específico instalación, k€/ (t/h)	1151	1000	679	642
PAYBACK SIMPLE, años	12,8	10,7	6,7	7,0
AHORRO de CO2, kg CO2 / kWh_biomasa	0,033	0,033	0,032	0,032
PAYBACK SIMPLE (COGENERACIÓN), años	4,6	4,0	2,5	2,6
AHORRO de CO2 (COGENERACIÓN), kg CO2 / kWh_biomasa	0,143	0,144	0,142	0,143

ANEXO A. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA A LA COMUNIDAD VALENCIANA

Tabla A-III. Escenario de REFERENCIA: principales resultados comarcales (CONTINUACION).

Identificación y resultados generales a nivel comarcal				
Codigo comarca	4612	4600A01	4617	4618
Nombre comarca	El Camp de Morvedre	L'Horta	La Plana de Utiel-Requena	La Hoya de Buñol
Area comarca, km2	271,2	620	1721	817,4
Biomasa, t/año	17509	51667	77088	20747
Biomasa recibida, t/h - 3200 h/año	5,5	16,1	24,1	6,5
PCS promedio, kwh/kg	2,94	2,90	3,10	2,99
Ceniza, % base seca	1,9%	6,9%	2,9%	2,0%
Distancia media de recogida, km	7,06	16,79	23,12	16,85
Coste de transporte, €/t	17,71	20,53	24,32	20,32
Coste adicional biomasa:extracción+adquisición, €/t	0,00	0,00	0,00	0,00
Demanda:% de biom. Autoconsumo	291%	304%	3%	228%
Potenciales sitios de cogeneración	2	32	0	4
<b>Aplicación 1. Planta de producción de pellets [A1]</b>				
Producción de pellet, t/año	10897,44	33225,90	49075,43	12906,01
Producción de pellet, t/h	3,41	10,38	15,34	4,03
Coste específico instalación, k€/ (t/h)	679,3	394,7	326,4	625,6
PAYBACK SIMPLE, años	9,9	5,8	5,1	9,9
AHORRO de CO2kg CO2 / kWh_biomasa	0,183	0,191	0,176	0,179
<b>Aplicación 2. Planta eléctrica - Gasificador más motor de combustión interna [B1.1]</b>				
Potencia Instalada, MW - 5000 h/año	2,48	7,39	11,84	3,01
Eficiencia eléctrica, %PCS	23,8%	24,6%	25,0%	23,9%
Eficiencia térmica, %PCS	32,0%	29,5%	28,4%	31,5%
Coste específico instalación, k€/kW	3053,4	2413,0	2136,3	2940,7
Coste específico instalación, k€/ (t/h)	2165	1725	1640	2132
PAYBACK SIMPLE, años	11,7	8,5	7,4	11,5
AHORRO de CO2, kg CO2 / kWh_biomasa	0,058	0,059	0,059	0,058
PAYBACK SIMPLE (COGENERACIÓN), años	7,9	6,1	5,3	7,8
AHORRO de CO2 (COGENERACIÓN), kg CO2 / kWh_biomasa	0,114	0,110	0,107	0,113
<b>Aplicación 3. Planta eléctrica - Turbina de vapor a condensación [B2]</b>				
Potencia Instalada, MW - 5000 h/año	1,41	5,45	9,12	1,85
Eficiencia eléctrica, %PCS	15,0%	17,5%	18,5%	15,5%
Eficiencia térmica, %PCS	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Coste específico instalación, k€/kW	1864,9	1500,2	1361,4	1792,8
Coste específico instalación, k€/ (t/h)	753	792	805	798
PAYBACK SIMPLE, años	9,8	5,9	5,0	9,2
AHORRO de CO2, kg CO2 / kWh_biomasa	0,031	0,042	0,044	0,034
<b>Aplicación 4. Planta eléctrica - Turbina de vapor ciclo ORC [B3]</b>				
Potencia Instalada, MW - 5000 h/año	1,48	4,33	6,91	1,79
Eficiencia eléctrica, %PCS	14,3%	14,3%	14,3%	14,3%
Eficiencia térmica, %PCS	63,3%	63,3%	63,3%	63,3%
Coste específico instalación, k€/kW	1530,6	1500,0	1500,0	1500,0
Coste específico instalación, k€/ (t/h)	649	628	672	647
PAYBACK SIMPLE, años	8,3	7,1	6,7	8,5
AHORRO de CO2, kg CO2 / kWh_biomasa	0,033	0,032	0,032	0,032
PAYBACK SIMPLE (COGENERACIÓN), años	3,1	2,6	2,3	3,0
AHORRO de CO2 (COGENERACIÓN), kg CO2 / kWh_biomasa	0,143	0,143	0,142	0,143

ANEXO A. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA A LA COMUNIDAD VALENCIANA

Tabla A-III. Escenario de REFERENCIA: principales resultados comarcales (CONTINUACION).

Identificación y resultados generales a nivel comarcal				
Codigo comarca	4619	4620	4621	4622
Nombre comarca	El Valle de Cofrentes-Ayora	La Ribera Alta	La Ribera Baja	La Canal de Navarrés
Area comarca, km2	1141,2	970	276,8	709,3
Biomasa, t/año	28187	64574	60207	23383
Biomasa recibida, t/h - 3200 h/año	8,8	20,2	18,8	7,3
PCS promedio, kwh/kg	3,18	2,96	3,16	3,06
Ceniza, % base seca	3,4%	1,9%	14,8%	2,5%
Distancia media de recogida, km	16,78	16,99	10,17	14,10
Coste de transporte, €/t	19,23	20,40	29,54	19,04
Coste adicional biomasa:extracción+adquisición, €/t	0,00	0,00	0,00	0,00
Demanda:% de biom. Autoconsumo	1%	63%	8%	4%
Potenciales sitios de cogeneración	0	12	3	1
Aplicación 1. Planta de producción de pellets [A1]				
Producción de pellet, t/año	18551,79	40125,56	44525,35	14839,42
Producción de pellet, t/h	5,80	12,54	13,91	4,64
Coste específico instalación, k€/ (t/h)	524,2	360,0	342,3	584,4
PAYBACK SIMPLE, años	7,6	5,3	5,5	8,7
AHORRO de CO2kg CO2 / kWh_biomasa	0,178	0,181	0,202	0,179
Aplicación 2. Planta eléctrica - Gasificador más motor de combustión interna [B1.1]				
Potencia Instalada, MW - 5000 h/año	4,38	9,43	9,40	3,49
Eficiencia eléctrica, %PCS	24,2%	24,8%	24,8%	24,0%
Eficiencia térmica, %PCS	30,7%	29,0%	29,0%	31,2%
Coste específico instalación, k€/kW	2720,0	2269,8	2271,4	2854,1
Coste específico instalación, k€/ (t/h)	2113	1657	1774	2127
PAYBACK SIMPLE, años	9,6	7,7	9,0	10,5
AHORRO de CO2, kg CO2 / kWh_biomasa	0,059	0,059	0,060	0,059
PAYBACK SIMPLE (COGENERACIÓN), años	6,7	5,6	6,2	7,3
AHORRO de CO2 (COGENERACIÓN), kg CO2 / kWh_biomasa	0,112	0,109	0,110	0,113
Aplicación 3. Planta eléctrica - Turbina de vapor a condensación [B2]				
Potencia Instalada, MW - 5000 h/año	2,98	7,14	7,11	2,24
Eficiencia eléctrica, %PCS	16,4%	18,0%	18,0%	15,9%
Eficiencia térmica, %PCS	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Coste específico instalación, k€/kW	1663,8	1427,6	1428,4	1740,5
Coste específico instalación, k€/ (t/h)	879	789	844	834
PAYBACK SIMPLE, años	6,8	5,2	6,2	7,8
AHORRO de CO2, kg CO2 / kWh_biomasa	0,038	0,043	0,044	0,036
Aplicación 4. Planta eléctrica - Turbina de vapor ciclo ORC [B3]				
Potencia Instalada, MW - 5000 h/año	2,58	5,51	5,50	2,07
Eficiencia eléctrica, %PCS	14,3%	14,3%	14,3%	14,3%
Eficiencia térmica, %PCS	63,3%	63,3%	63,3%	63,3%
Coste específico instalación, k€/kW	1500,0	1500,0	1500,0	1500,0
Coste específico instalación, k€/ (t/h)	688	640	685	663
PAYBACK SIMPLE, años	7,1	6,5	8,6	7,7
AHORRO de CO2, kg CO2 / kWh_biomasa	0,033	0,032	0,033	0,033
PAYBACK SIMPLE (COGENERACIÓN), años	2,7	2,4	2,6	2,8
AHORRO de CO2 (COGENERACIÓN), kg CO2 / kWh_biomasa	0,143	0,143	0,143	0,143

ANEXO A. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA A LA COMUNIDAD VALENCIANA

Tabla A-III. Escenario de REFERENCIA: principales resultados comarcales (CONTINUACION).

Identificación y resultados generales a nivel comarcal			
Codigo comarca	4623	4624	4625
Nombre comarca	La Costera	La Vall d'Albaida	La Safor
Área comarca, km <sup>2</sup>	528,3	722,2	429,9
Biomasa, t/año	24710	31256	23189
Biomasa recibida, t/h - 3200 h/año	7,7	9,8	7,2
PCS promedio, kwh/kg	3,00	3,06	2,93
Ceniza, % base seca	2,3%	2,5%	1,9%
Distancia media de recogida, km	21,90	19,22	13,68
Coste de transporte, €/t	20,92	22,72	20,59
Coste adicional biomasa:extracción+adquisición, €/t	0,00	0,00	0,00
Demanda:% de biom. Autoconsumo	13%	39%	38%
Potenciales sitios de cogeneración	0	9	3
Aplicación 1. Planta de producción de pellets [A1]			
Producción de pellet, t/año	15543,66	19708,53	14402,93
Producción de pellet, t/h	4,86	6,16	4,50
Coste específico instalación, k€/ (t/h)	571,4	509,0	593,0
PAYBACK SIMPLE, años	9,1	8,5	9,5
AHORRO de CO <sub>2</sub> kg CO <sub>2</sub> / kWh_biomasa	0,180	0,177	0,183
Aplicación 2. Planta eléctrica - Gasificador más motor de combustión interna [B1.1]			
Potencia Instalada, MW - 5000 h/año	3,61	4,69	3,30
Eficiencia eléctrica, %PCS	24,0%	24,3%	24,0%
Eficiencia térmica, %PCS	31,1%	30,5%	31,3%
Coste específico instalación, k€/kW	2832,8	2680,2	2885,8
Coste específico instalación, k€/ (t/h)	2072	2010	2055
PAYBACK SIMPLE, años	10,9	10,3	11,4
AHORRO de CO <sub>2</sub> , kg CO <sub>2</sub> / kWh_biomasa	0,058	0,058	0,058
PAYBACK SIMPLE (COGENERACIÓN), años	7,4	7,0	7,7
AHORRO de CO <sub>2</sub> (COGENERACIÓN), kg CO <sub>2</sub> / kWh_biomasa	0,112	0,112	0,113
Aplicación 3. Planta eléctrica - Turbina de vapor a condensación [B2]			
Potencia Instalada, MW - 5000 h/año	2,35	3,23	2,09
Eficiencia eléctrica, %PCS	15,9%	16,6%	15,7%
Eficiencia térmica, %PCS	0,0%	0,0%	0,0%
Coste específico instalación, k€/kW	1728,1	1641,7	1759,4
Coste específico instalación, k€/ (t/h)	821	848	793
PAYBACK SIMPLE, años	8,3	7,4	8,9
AHORRO de CO <sub>2</sub> , kg CO <sub>2</sub> / kWh_biomasa	0,036	0,039	0,035
Aplicación 4. Planta eléctrica - Turbina de vapor ciclo ORC [B3]			
Potencia Instalada, MW - 5000 h/año	2,14	2,76	1,96
Eficiencia eléctrica, %PCS	14,3%	14,3%	14,3%
Eficiencia térmica, %PCS	63,3%	63,3%	63,3%
Coste específico instalación, k€/kW	1500,0	1500,0	1500,0
Coste específico instalación, k€/ (t/h)	650	663	634
PAYBACK SIMPLE, años	8,3	8,2	8,6
AHORRO de CO <sub>2</sub> , kg CO <sub>2</sub> / kWh_biomasa	0,032	0,032	0,033
PAYBACK SIMPLE (COGENERACIÓN), años	2,9	2,8	3,0
AHORRO de CO <sub>2</sub> (COGENERACIÓN), kg CO <sub>2</sub> / kWh_biomasa	0,142	0,143	0,143

ANEXO A. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA A LA COMUNIDAD VALENCIANA

**A.3.- Biomasa a nivel municipal**

Tabla A-IV. Cuantificación de biomasa a nivel municipal.

MUNICIPIO (CÓDIGO GIS)	COMARCA	BIOMASA DISPONIBLE t/año					ENERGÍA (PCS)		
		AGRICOLA	FORESTAL	ALPERUJO	JARDINERIA	TOTAL	MWh	tep	
3.001	332	2.841	188	57	1.729	4.815	13.473	1.161	
3.005	330	773	20	10	4	807	2.369	204	
3.010	332	1.686	289	49	25	2.049	6.086	525	
3.015	326	635	344	115	4	1.098	3.446	297	
3.020	332	87	5	4	4	99	300	26	
3.025	334	3.107	479	22	55	3.663	10.874	937	
3.030	330	466	1	16	6	490	1.443	124	
3.035	326	115	1	24	1	141	422	36	
3.040	326	243	57	66	1	368	1.120	97	
3.045	327	2.476	1.545	252	356	4.629	14.790	1.275	
3.050	326	396	80	67	2	546	1.735	150	
3.055	331	383	113	2	93	592	1.718	148	
3.060	334	1.051	-	-	9	1.060	3.095	267	
3.065	329	1.506	62	36	9	1.612	4.931	425	
3.070	334	3.749	3	5	84	3.841	11.251	970	
3.075	326	222	2	53	1	277	833	72	
3.080	326	68	4	20	3	94	277	24	
3.085	331	794	57	8	104	963	2.779	240	
3.090	329	2.085	40	15	100	2.240	6.510	561	
3.095	326	684	26	85	1	795	2.424	209	
3.100	327	901	601	144	42	1.687	5.335	460	
3.105	326	241	20	97	1	360	1.060	91	
3.110	328	1.179	863	236	11	2.289	7.096	612	
3.115	334	421	88	-	30	538	1.589	137	
3.120	334	1.083	1	9	7	1.099	3.230	278	
3.125	330	444	2	4	8	459	1.341	116	
3.130	331	258	14	67	1	340	1.016	88	
3.135	326	619	2	217	8	847	2.485	214	
3.140	330	233	11	34	3	280	837	72	
3.145	330	516	1	4	6	527	1.544	133	
3.150	331	217	81	0	361	659	1.753	151	
3.155	327	231	108	48	1	387	1.217	105	
3.160	331	175	231	36	1	443	1.387	120	
3.165	334	137	-	-	14	151	433	37	
3.170	326	617	42	107	5	772	2.379	205	
3.175	326	120	2	25	1	148	450	39	
3.180	331	469	109	48	2	629	1.928	166	
3.185	326	311	4	47	2	364	1.117	96	
3.190	326	281	16	78	1	376	1.126	97	
3.195	330	178	6	0	2	187	548	47	
3.200	330	1.056	189	48	65	1.358	4.101	354	
3.205	330	196	2	-	17	215	642	55	
3.210	328	3.525	750	745	21	5.041	15.380	1.326	
3.215	334	184	7	-	31	222	628	54	
3.220	331	327	184	8	2	521	1.588	137	
3.225	332	107	209	4	11	331	1.043	90	
3.230	330	122	17	1	118	258	705	61	
3.235	331	1.426	71	5	47	1.549	4.526	390	
3.240	334	1.909	-	3	94	2.007	5.802	500	
3.245	332	197	65	2	120	384	1.066	92	
3.250	328	704	338	182	2	1.226	3.751	323	
3.255	328	591	40	167	7	806	2.403	207	
3.260	327	3.284	1.542	469	47	5.342	16.480	1.421	
3.265	330	319	7	97	3	426	1.258	108	
3.270	334	977	-	16	32	1.025	3.248	280	
3.275	326	1.678	212	466	62	2.418	7.226	623	
3.280	331	221	848	44	2	1.115	3.554	306	
3.285	334	372	-	-	37	409	1.170	101	
3.290	333	1.891	746	34	151	2.822	8.632	744	
3.295	326	532	215	184	1	933	2.822	243	
3.300	334	527	-	-	7	534	1.566	135	
3.305	334	167	0	-	1	168	481	41	

ANEXO A. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA A LA COMUNIDAD VALENCIANA

Tabla A-IV. Cuantificación de biomasa a nivel municipal (CONTINUACION).

MUNICIPIO (CÓDIGO GIS)	COMARCA	BIOMASA DISPONIBLE t/año					ENERGÍA (PCS)		
		AGRICOLA	FORESTAL	ALPERUJO	JARDINERIA	TOTAL	MWh	tep	
3.310	330	1.869	14	5	204	2.092	6.041	521	
3.315	334	671	0	-	38	709	2.011	173	
3.320	333	8.815	903	143	1.188	11.049	32.668	2.816	
3.325	329	509	154	50	313	1.025	2.938	253	
3.330	326	159	86	41	1	287	880	76	
3.335	326	55	198	21	0	274	867	75	
3.340	331	259	185	2	15	461	1.422	123	
3.345	334	323	-	-	13	336	956	82	
3.350	330	328	37	9	30	404	1.197	103	
3.355	326	350	2	77	2	431	1.299	112	
3.360	326	433	7	93	2	535	1.633	141	
3.365	334	449	5	-	12	467	1.382	119	
3.370	331	303	302	17	1	623	1.934	167	
3.375	334	1.028	345	1	63	1.438	4.289	370	
3.380	329	2.564	35	101	10	2.710	8.184	705	
3.385	329	704	0	9	4	717	2.162	186	
3.390	327	2.040	630	290	130	3.091	9.441	814	
3.395	334	1.210	0	-	9	1.220	3.571	308	
3.400	330	624	8	24	14	669	2.007	173	
3.405	330	952	34	10	155	1.152	3.331	287	
3.410	332	2.824	1.524	175	43	4.566	14.325	1.235	
3.415	326	166	39	47	4	256	769	66	
3.420	330	282	3	7	3	295	897	77	
3.425	326	411	18	114	1	543	1.626	140	
3.430	329	3.523	86	21	33	3.663	10.809	932	
3.435	329	6.153	596	191	71	7.011	21.541	1.857	
3.440	332	716	104	6	95	922	2.667	230	
3.445	330	305	18	18	2	342	1.028	89	
3.450	326	680	26	262	44	1.012	2.938	253	
3.455	329	3.069	125	21	147	3.362	9.832	848	
3.460	331	396	72	3	60	531	1.546	133	
3.465	330	714	16	2	34	766	2.232	192	
3.470	327	1.689	342	314	41	2.386	7.302	629	
3.475	330	674	154	35	10	874	2.613	225	
3.480	331	187	24	2	2	216	644	56	
3.485	334	20.615	1.031	38	359	22.043	64.988	5.602	
3.490	330	423	44	29	5	501	1.493	129	
3.495	330	905	13	3	36	957	2.790	241	
3.500	330	3.511	162	16	60	3.749	11.213	967	
3.505	327	1.162	271	211	2	1.645	5.037	434	
3.510	329	1.468	1.289	177	180	3.115	9.621	829	
3.515	329	5.692	536	231	38	6.497	19.953	1.720	
3.520	326	1.098	161	248	5	1.512	4.603	397	
3.525	331	499	63	14	14	590	1.749	151	
3.530	334	110	-	-	20	130	378	33	
3.535	330	208	11	1	3	223	654	56	
3.540	334	398	65	1	34	498	1.453	125	
3.545	331	4.657	352	417	5	5.431	16.757	1.445	
3.550	334	986	0	6	53	1.046	2.997	258	
3.555	329	2.641	73	80	12	2.806	8.447	728	
3.560	330	287	32	1	2	323	956	82	
3.565	328	2.596	337	193	8	3.134	9.626	830	
3.570	334	482	14	1	28	526	1.502	130	
3.575	332	80	1	3	103	186	488	42	
3.580	334	3.980	128	-	28	4.135	12.276	1.058	
3.585	332	428	23	9	239	699	1.971	170	
3.590	330	396	-	1	3	401	1.174	101	
3.595	333	364	402	-	123	889	2.639	227	
3.600	328	2.802	237	529	51	3.619	10.895	939	
3.605	331	914	131	15	3	1.064	3.270	282	
3.610	330	61	1	3	3	67	201	17	
3.615	330	202	1	-	12	215	624	54	

ANEXO A. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA A LA COMUNIDAD VALENCIANA

Tabla A-IV. Cuantificación de biomasa a nivel municipal (CONTINUACION).

MUNICIPIO (CÓDIGO GIS)	COMARCA	BIOMASA DISPONIBLE t/año					ENERGÍA (PCS)	
		AGRICOLA	FORESTAL	ALPERUJO	JARDINERIA	TOTAL	MWh	tep
3.620	331	316	24	52	4	395	1.191	103
3.625	330	582	10	5	64	661	1.965	169
3.630	327	899	955	129	7	1.991	6.247	539
3.635	326	39	1	14	0	53	157	14
3.640	330	300	5	2	2	308	904	78
3.645	332	1.243	259	189	4	1.695	5.214	449
3.650	334	550	-	-	411	961	2.605	225
3.655	330	209	366	46	1	622	1.953	168
3.660	330	269	4	74	2	348	1.033	89
3.665	330	700	3	80	3	787	2.403	207
3.670	330	315	98	61	5	480	1.466	126
3.675	330	349	-	0	23	372	1.079	93
3.680	331	863	750	0	148	1.761	5.322	459
3.685	328	11.208	791	812	194	13.004	40.516	3.493
3.902	334	4.295	230	-	78	4.602	13.430	1.158
3.903	334	1.104	2	-	17	1.123	3.272	282
3.904	334	242	-	3	8	253	761	66
12.001	1.205	5.470	22	9	902	6.403	18.269	1.575
12.005	1.204	1.622	413	114	8	2.157	6.630	572
12.010	1.206	89	110	10	1	209	657	57
12.015	1.202	2.342	46	234	8	2.630	8.001	690
12.020	1.203	6.986	298	220	36	7.540	22.659	1.953
12.025	1.204	1.401	111	109	-	1.621	4.781	412
12.030	1.206	111	134	30	1	276	855	74
12.035	1.206	492	940	45	5	1.482	4.682	404
12.040	1.207	832	97	83	2	1.014	3.100	267
12.045	1.205	2.498	1	1	104	2.604	7.578	653
12.050	1.207	383	67	88	2	540	1.625	140
12.055	1.206	2.502	70	1	30	2.603	7.567	652
12.060	1.207	3.394	2.459	448	19	6.319	19.661	1.695
12.065	1.208	61	28	2	1	93	280	24
12.070	1.202	530	726	5	1	1.263	4.116	355
12.075	1.208	73	-	1	1	75	221	19
12.080	1.206	1.670	344	80	10	2.104	6.278	541
12.085	1.208	121	36	1	1	159	477	41
12.090	1.207	821	110	53	2	986	2.980	257
12.100	1.207	498	574	-	1	1.073	3.678	317
12.105	1.206	1.955	29	3	32	2.019	5.910	509
12.110	1.207	273	444	43	2	762	2.372	204
12.115	1.207	270	125	17	1	413	1.285	111
12.120	1.204	418	302	33	1	754	2.347	202
12.125	1.202	1.619	179	14	56	1.868	5.642	486
12.130	1.203	3.398	72	142	127	3.738	10.689	921
12.135	1.205	544	180	2	82	808	2.391	206
12.140	1.205	2.152	56	144	5	2.357	7.214	622
12.150	1.205	4.223	46	54	23	4.345	12.746	1.099
12.155	1.206	4.698	0	1	164	4.863	14.167	1.221
12.160	1.205	6.001	448	123	14	6.587	19.972	1.722
12.165	1.203	2.419	2	255	10	2.687	7.963	686
12.170	1.203	2.708	5	939	5	3.657	10.793	930
12.175	1.203	4	187	-	0	191	622	54
12.180	1.201	202	891	-	1	1.094	3.587	309
12.185	1.207	937	14	96	6	1.054	3.134	270
12.190	1.208	106	172	11	1	289	888	77
12.195	1.202	656	158	19	5	838	2.678	231
12.200	1.207	594	286	57	4	942	2.908	251
12.205	1.203	2.814	671	363	4	3.853	11.676	1.007
12.210	1.201	287	328	-	3	618	1.979	171
12.215	1.208	97	62	9	2	170	517	45
12.225	1.208	327	355	3	2	687	2.255	194
12.230	1.204	797	20	46	3	866	2.580	222
12.235	1.205	6.114	34	360	11	6.519	19.688	1.697

ANEXO A. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA A LA COMUNIDAD VALENCIANA

Tabla A-IV. Cuantificación de biomasa a nivel municipal (CONTINUACION).

MUNICIPIO (CÓDIGO GIS)	COMARCA	BIOMASA DISPONIBLE t/año					ENERGÍA (PCS)		
		AGRICOLA	FORESTAL	ALPERUJO	JARDINERIA	TOTAL	MWh	tep	
12.240	1.202	1.936	368	128	4	2.436	7.456	643	
12.245	1.203	1.630	385	249	5	2.269	6.941	598	
12.250	1.206	1.567	-	1	14	1.582	4.724	407	
12.260	1.204	77	117	-	1	194	624	54	
12.265	1.207	637	274	57	2	970	3.010	260	
12.270	1.206	594	237	59	5	896	2.725	235	
12.275	1.208	210	150	1	0	361	1.106	95	
12.280	1.208	223	6	10	1	241	708	61	
12.285	1.204	244	21	72	3	339	1.003	86	
12.290	1.201	333	108	-	3	444	1.536	132	
12.300	1.208	101	23	1	0	125	390	34	
12.305	1.208	99	9	6	1	114	342	29	
12.310	1.207	240	173	47	1	461	1.422	123	
12.320	1.207	57	0	2	4	64	183	16	
12.325	1.201	49	337	1	1	388	1.254	108	
12.330	1.207	51	40	5	0	96	296	25	
12.335	1.203	1.182	2	393	5	1.582	4.677	403	
12.340	1.207	2.266	1.423	218	9	3.915	11.968	1.032	
12.345	1.204	624	331	48	9	1.012	3.135	270	
12.350	1.208	148	50	14	1	212	626	54	
12.355	1.206	779	-	-	5	784	2.311	199	
12.360	1.201	119	68	-	1	188	633	55	
12.365	1.207	182	51	42	1	276	838	72	
12.370	1.206	1.197	-	-	25	1.222	3.544	306	
12.375	1.208	318	258	42	2	620	1.915	165	
12.380	1.208	116	426	11	3	555	1.766	152	
12.385	1.201	982	6.314	-	16	7.313	24.067	2.075	
12.390	1.207	274	33	22	3	332	993	86	
12.395	1.206	6.511	4	2	69	6.585	19.203	1.655	
12.400	1.201	257	58	-	1	315	1.109	96	
12.405	1.206	6.432	74	9	120	6.634	19.400	1.672	
12.410	1.205	909	45	3	27	983	2.913	251	
12.420	1.201	50	15	-	0	65	227	20	
12.425	1.207	59	110	3	0	173	548	47	
12.430	1.203	1.853	25	93	31	2.002	5.809	501	
12.435	1.207	135	330	1	1	467	1.558	134	
12.440	1.201	176	188	-	2	366	1.240	107	
12.445	1.208	253	10	2	1	267	754	65	
12.450	1.203	297	2.111	-	1	2.410	7.770	670	
12.455	1.205	740	70	50	4	863	2.647	228	
12.460	1.206	43	13	2	8	66	192	17	
12.465	1.203	2.491	197	658	7	3.353	10.056	867	
12.470	1.207	177	256	-	0	433	1.373	118	
12.475	1.203	1.817	113	420	5	2.355	7.099	612	
12.480	1.203	3.352	35	319	4	3.710	10.893	939	
12.485	1.203	2.801	289	730	11	3.831	11.552	996	
12.490	1.203	1.839	0	273	3	2.116	6.267	540	
12.495	1.203	1.794	93	183	5	2.075	6.203	535	
12.500	1.205	221	5	4	1	230	709	61	
12.505	1.207	5.298	673	400	48	6.420	19.385	1.671	
12.510	1.205	2.769	61	175	6	3.011	9.192	792	
12.515	1.207	1.282	232	85	8	1.607	4.830	416	
12.520	1.207	492	3	7	2	504	1.475	127	
12.525	1.206	180	79	12	3	274	835	72	
12.530	1.206	251	40	12	4	308	915	79	
12.535	1.207	311	232	22	2	567	1.761	152	
12.540	1.202	990	130	241	3	1.365	4.114	355	
12.545	1.201	306	94	-	1	400	1.396	120	
12.550	1.208	163	4	2	1	169	495	43	
12.555	1.207	451	258	44	2	755	2.348	202	
12.560	1.207	725	2.116	-	2	2.844	9.312	803	
12.565	1.208	36	49	2	0	88	279	24	

ANEXO A. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA A LA COMUNIDAD VALENCIANA

Tabla A-IV. Cuantificación de biomasa a nivel municipal (CONTINUACION)

MUNICIPIO (CÓDIGO GIS)	COMARCA	BIOMASA DISPONIBLE t/año					ENERGÍA (PCS)		
		AGRICOLA	FORESTAL	ALPERUJO	JARDINERIA	TOTAL	MWh	tep	
12.570	1.202	466	1	27	1	496	1.513	130	
12.575	1.205	201	-	24	1	227	690	59	
12.580	1.205	1.834	4	18	30	1.885	5.516	476	
12.585	1.208	231	47	6	1	284	848	73	
12.590	1.203	3.613	2	779	9	4.404	13.054	1.125	
12.595	1.204	4.937	34	247	6	5.224	15.762	1.359	
12.600	1.205	3.078	27	198	12	3.314	10.063	868	
12.605	1.207	366	75	93	2	537	1.609	139	
12.610	1.206	5.498	54	14	176	5.741	16.728	1.442	
12.615	1.208	53	6	1	0	61	181	16	
12.620	1.201	9	826	-	1	836	2.713	234	
12.625	1.205	2.337	100	219	9	2.665	8.102	698	
12.630	1.202	483	916	-	15	1.414	4.654	401	
12.635	1.208	272	559	8	3	841	2.779	240	
12.640	1.208	181	200	1	1	382	1.221	105	
12.645	1.205	2.427	103	282	4	2.816	8.467	730	
12.650	1.208	101	82	-	0	183	571	49	
12.655	1.202	489	0	36	1	527	1.606	138	
12.660	1.206	4.765	8	1	257	5.031	14.613	1.260	
12.665	1.206	462	16	1	20	500	1.459	126	
12.670	1.201	42	3	-	0	46	152	13	
12.675	1.203	7.578	5	157	140	7.880	23.011	1.984	
12.680	1.204	397	1.292	-	2	1.692	5.618	484	
12.685	1.207	1.511	294	151	8	1.964	5.944	512	
12.690	1.201	78	1.321	-	1	1.400	4.568	394	
12.695	1.208	335	412	-	1	748	2.366	204	
12.901	1.206	1.576	-	-	21	1.598	4.674	403	
12.902	1.205	995	61	108	11	1.174	3.535	305	
46.001	4.615	4.522	5	-	4.485	9.012	24.466	2.109	
46.003	4.609	2.123	1.596	-	7	3.725	11.795	1.017	
46.006	4.625	769	39	2	7	817	2.405	207	
46.009	4.624	232	85	6	8	332	1.023	88	
46.012	4.624	617	100	42	13	773	2.345	202	
46.015	4.614	118	-	-	167	285	721	62	
46.018	4.624	2.147	41	82	36	2.305	7.062	609	
46.021	4.616	764	0	-	72	837	2.469	213	
46.024	4.621	2.550	1	-	20	2.571	7.838	676	
46.027	4.612	1.002	-	8	4	1.014	2.968	256	
46.030	4.613	396	121	-	21	537	1.596	138	
46.033	4.620	1.936	1	1	56	1.993	5.806	501	
46.036	4.618	590	153	29	6	778	2.362	204	
46.039	4.613	194	-	-	110	304	725	63	
46.042	4.613	280	-	-	18	298	849	73	
46.045	4.616	852	-	-	45	897	2.597	224	
46.048	4.620	343	-	-	8	351	1.025	88	
46.051	4.620	7.563	1.267	2	243	9.074	26.902	2.319	
46.054	4.610	1.160	484	1	5	1.651	5.137	443	
46.057	4.620	2.259	2	-	63	2.324	6.832	589	
46.060	4.623	275	-	0	27	303	874	75	
46.063	4.614	1.214	5	6	146	1.372	3.929	339	
46.066	4.616	2.780	-	-	109	2.889	9.261	798	
46.069	4.625	437	2	1	2	443	1.298	112	
46.072	4.612	832	68	10	3	913	2.696	232	
46.075	4.613	135	-	-	16	150	430	37	
46.078	4.620	1.166	62	1	8	1.237	3.714	320	
46.081	4.624	383	0	22	7	413	1.245	107	
46.084	4.612	804	1	4	2	812	2.381	205	
46.087	4.620	4.513	1	-	149	4.663	13.683	1.180	
46.090	4.612	1.045	72	41	6	1.163	3.434	296	
46.093	4.620	2.471	32	-	69	2.571	7.709	665	
46.096	4.613	72	-	-	36	107	270	23	
46.099	4.625	398	11	1	2	411	1.207	104	

ANEXO A. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA A LA COMUNIDAD VALENCIANA

Tabla A-IV. Cuantificación de biomasa a nivel municipal (CONTINUACION)

MUNICIPIO (CÓDIGO GIS)	COMARCA	BIOMASA DISPONIBLE t/año					TOTAL	ENERGÍA (PCS)		
		AGRICOLA	FORESTAL	ALPERUJO	JARDINERIA	MWh		tep		
46.102	4.625	191	0	-	10	201	585	50		
46.105	4.621	525	-	-	43	568	1.635	141		
46.108	4.610	2.953	1.042	1	5	4.001	13.154	1.134		
46.111	4.625	196	-	-	8	204	593	51		
46.114	4.610	756	833	26	2	1.617	5.083	438		
46.117	4.622	1.213	30	231	16	1.491	4.333	373		
46.120	4.620	939	31	5	9	984	2.890	249		
46.123	4.610	1.856	1.144	0	2	3.003	9.566	825		
46.126	4.624	600	96	43	25	764	2.313	199		
46.129	4.624	331	-	6	1	337	1.037	89		
46.132	4.619	6.967	4.683	533	32	12.215	39.289	3.387		
46.135	4.623	1.559	7	49	10	1.625	4.764	411		
46.138	4.625	370	4	23	7	405	1.205	104		
46.141	4.624	1.388	109	27	4	1.527	4.747	409		
46.144	4.625	217	0	-	22	239	690	59		
46.147	4.624	146	2	16	2	166	505	44		
46.150	4.610	172	1.721	1	1	1.896	6.159	531		
46.153	4.611	1.678	0	14	55	1.748	5.052	436		
46.156	4.612	462	2	-	4	467	1.368	118		
46.159	4.620	292	-	-	3	295	865	75		
46.165	4.625	285	-	-	8	292	853	74		
46.168	4.624	539	199	145	1	884	2.676	231		
46.171	4.624	427	6	49	3	485	1.454	125		
46.174	4.612	321	2	-	11	335	977	84		
46.177	4.625	1.186	6	-	10	1.202	3.553	306		
46.180	4.620	1.700	0	-	72	1.772	5.147	444		
46.183	4.625	54	-	-	1	55	162	14		
46.186	4.624	1.118	19	96	33	1.266	3.822	329		
46.189	4.620	1.683	-	3	11	1.697	5.098	439		
46.192	4.620	509	-	-	3	513	1.516	131		
46.195	4.616	211	-	-	10	220	665	57		
46.198	4.625	11	1	-	8	19	52	5		
46.201	4.611	120	-	4	11	135	385	33		
46.204	4.624	179	43	7	2	231	699	60		
46.207	4.624	95	-	4	1	100	303	26		
46.210	4.611	5.386	5	65	89	5.545	16.252	1.401		
46.213	4.622	441	1.914	111	4	2.471	7.865	678		
46.216	4.624	1.333	908	215	27	2.482	7.879	679		
46.219	4.622	956	645	350	8	1.959	5.881	507		
46.222	4.613	61	-	-	13	74	207	18		
46.225	4.624	133	27	8	1	170	521	45		
46.228	4.610	1.206	0	31	5	1.242	3.685	318		
46.231	4.618	1.598	113	175	54	1.940	5.794	500		
46.234	4.613	44	-	-	213	257	626	54		
46.237	4.610	654	336	157	2	1.150	3.505	302		
46.240	4.617	3.589	308	-	8	3.905	12.313	1.061		
46.243	4.623	1.620	12	72	77	1.780	5.169	446		
46.246	4.612	168	22	-	16	206	603	52		
46.249	4.620	3.176	204	-	123	3.502	10.269	885		
46.252	4.620	804	-	-	12	815	2.387	206		
46.255	4.620	4.917	2	16	83	5.019	15.085	1.300		
46.258	4.624	356	26	8	0	391	1.169	101		
46.261	4.609	691	218	29	1	940	2.885	249		
46.264	4.609	613	-	16	2	630	1.913	165		
46.267	4.611	2.987	342	195	14	3.538	10.785	930		
46.270	4.624	1.241	89	97	13	1.440	4.332	373		
46.273	4.625	253	3	0	1	257	755	65		
46.276	4.609	875	1.433	0	3	2.312	7.428	640		
46.279	4.620	1.750	-	8	14	1.771	5.366	463		
46.282	4.616	2.141	0	-	126	2.267	7.037	607		
46.285	4.617	1.966	100	74	5	2.146	6.536	563		
46.288	4.623	48	0	1	2	51	151	13		

ANEXO A. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA A LA COMUNIDAD VALENCIANA

Tabla A-IV. Cuantificación de biomasa a nivel municipal (CONTINUACION).

MUNICIPIO (CÓDIGO GIS)	COMARCA	BIOMASA DISPONIBLE t/año					ENERGÍA (PCS)		
		AGRICOLA	FORESTAL	ALPERUJO	JARDINERIA	TOTAL	MWh	tep	
46.291	4.619	1.871	1.123	165	6	3.166	9.853	849	
46.294	4.621	2.301	55	-	18	2.373	7.221	623	
46.297	4.619	1.132	1.053	226	5	2.416	7.520	648	
46.300	4.620	356	-	-	2	358	1.048	90	
46.303	4.612	459	42	-	6	507	1.498	129	
46.306	4.614	1.204	-	1	152	1.357	3.866	333	
46.309	4.612	329	0	-	8	338	986	85	
46.312	4.624	580	230	14	15	839	2.548	220	
46.315	4.621	9.922	3	-	121	10.046	31.635	2.727	
46.318	4.610	1.981	3.862	249	12	6.104	19.516	1.682	
46.321	4.622	1.319	359	439	15	2.132	6.291	542	
46.324	4.617	925	1.063	88	3	2.079	6.532	563	
46.327	4.618	2.903	26	67	42	3.038	9.036	779	
46.330	4.614	142	-	-	161	303	791	68	
46.333	4.618	6.055	51	129	62	6.296	18.610	1.604	
46.336	4.610	1.584	516	157	4	2.261	6.890	594	
46.339	4.625	168	-	-	11	179	519	45	
46.342	4.610	627	890	37	3	1.558	4.879	421	
46.345	4.618	556	185	72	2	815	2.481	214	
46.348	4.611	100	-	-	83	182	487	42	
46.354	4.622	3.235	6.120	1.152	32	10.539	32.715	2.820	
46.357	4.620	662	1	-	6	669	1.963	169	
46.360	4.612	913	120	20	7	1.060	3.150	272	
46.363	4.623	447	7	21	1	475	1.396	120	
46.366	4.612	150	-	-	16	166	478	41	
46.369	4.621	416	107	-	10	533	1.610	139	
46.372	4.624	2.450	465	99	6	3.020	9.557	824	
46.375	4.621	870	-	-	6	876	2.717	234	
46.378	4.613	582	-	-	34	616	1.767	152	
46.381	4.625	742	26	1	19	789	2.309	199	
46.384	4.623	2.535	1.354	185	12	4.087	12.854	1.108	
46.387	4.617	3.174	92	53	4	3.324	10.211	880	
46.390	4.620	677	0	1	7	685	2.011	173	
46.393	4.625	2.074	20	1	367	2.461	7.015	605	
46.396	4.623	850	55	49	14	968	2.848	246	
46.399	4.610	980	4	67	4	1.055	3.087	266	
46.402	4.612	378	47	2	9	436	1.286	111	
46.405	4.613	239	2	0	68	309	869	75	
46.408	4.618	2.263	11	51	14	2.338	6.983	602	
46.411	4.623	91	-	-	2	93	272	23	
46.414	4.624	182	1	1	2	186	567	49	
46.417	4.620	2.529	301	1	32	2.863	8.466	730	
46.420	4.625	90	-	-	0	90	266	23	
46.423	4.610	672	243	119	3	1.037	3.169	273	
46.426	4.619	1.105	1.918	227	6	3.256	10.247	883	
46.429	4.625	872	114	-	30	1.016	2.997	258	
46.432	4.619	2.160	1.150	230	5	3.546	11.394	982	
46.435	4.623	3.651	99	84	156	3.990	11.608	1.001	
46.438	4.625	518	166	-	11	695	2.086	180	
46.441	4.611	10.372	1.287	155	106	11.919	35.287	3.042	
46.444	4.610	523	158	1	-	681	2.047	176	
46.447	4.610	493	20	58	3	573	1.698	146	
46.450	4.624	1.006	5	39	14	1.064	3.151	272	
46.453	4.623	154	-	0	5	159	463	40	
46.459	4.625	259	0	8	3	270	789	68	
46.462	4.623	492	12	8	7	519	1.521	131	
46.465	4.621	1.163	70	-	8	1.241	3.746	323	
46.468	4.620	1.751	7	28	13	1.800	5.381	464	
46.471	4.623	352	22	2	22	397	1.159	100	
46.474	4.618	695	21	86	6	808	2.397	207	
46.477	4.614	992	5	2	156	1.154	3.287	283	
46.480	4.620	523	13	2	14	552	1.615	139	

ANEXO A. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA A LA COMUNIDAD VALENCIANA

Tabla A-IV. Cuantificación de biomasa a nivel municipal (CONTINUACION).

MUNICIPIO (CÓDIGO GIS)	COMARCA	BIOMASA DISPONIBLE t/año					ENERGÍA (PCS)		
		AGRICOLA	FORESTAL	ALPERUJO	JARDINERIA	TOTAL	MWh	tep	
46.483	4.611	703	4	47	8	762	2.223	192	
46.486	4.620	679	-	-	9	689	2.028	175	
46.489	4.613	160	-	-	8	167	482	42	
46.492	4.613	427	-	-	78	504	1.431	123	
46.495	4.616	1.022	-	-	44	1.065	3.381	291	
46.498	4.613	145	-	-	54	199	505	44	
46.501	4.622	386	3	117	4	510	1.488	128	
46.504	4.625	177	-	-	8	185	538	46	
46.507	4.614	45	-	-	245	291	684	59	
46.510	4.623	2.505	2.080	416	26	5.027	15.752	1.358	
46.513	4.613	838	6	0	113	957	2.743	236	
46.516	4.620	2.244	9	56	20	2.328	6.867	592	
46.519	4.624	247	4	10	10	271	812	70	
46.522	4.623	2.268	2	95	8	2.373	6.940	598	
46.525	4.624	477	-	7	4	488	1.500	129	
46.528	4.620	2.535	79	18	10	2.642	7.814	674	
46.531	4.613	1.211	0	-	25	1.237	3.606	311	
46.534	4.611	2.751	128	1	18	2.899	8.579	740	
46.537	4.622	1.368	534	315	17	2.234	6.657	574	
46.540	4.623	86	0	1	4	91	264	23	
46.543	4.625	3.355	231	-	128	3.714	10.892	939	
46.546	4.611	949	487	22	6	1.463	4.457	384	
46.549	4.624	1.271	29	158	6	1.464	4.422	381	
46.550	4.616	112	1	-	115	228	584	50	
46.552	4.624	3.320	1.632	549	199	5.699	17.410	1.501	
46.555	4.624	413	1	39	3	456	1.371	118	
46.561	4.625	970	16	-	9	996	2.921	252	
46.564	4.625	101	-	-	4	105	305	26	
46.567	4.624	337	84	8	3	431	1.322	114	
46.570	4.614	1.237	42	8	285	1.572	4.444	383	
46.573	4.610	4.437	267	176	13	4.893	14.480	1.248	
46.576	4.612	117	1	-	5	123	359	31	
46.579	4.614	497	-	-	54	551	1.579	136	
46.582	4.616	6.455	1	1	97	6.554	19.164	1.652	
46.585	4.625	335	-	-	13	348	1.013	87	
46.588	4.624	208	299	27	1	535	1.678	145	
46.591	4.621	1.004	-	-	18	1.022	2.983	257	
46.594	4.625	365	2	-	5	373	1.093	94	
46.597	4.613	269	-	-	34	302	864	75	
46.600	4.609	86	11	-	0	98	335	29	
46.603	4.611	1.615	403	7	77	2.102	6.219	536	
46.606	4.624	955	2	8	15	980	2.979	257	
46.609	4.620	1.037	24	-	26	1.087	3.189	275	
46.612	4.613	2.229	5	-	45	2.279	6.664	575	
46.615	4.613	1.794	19	-	89	1.901	5.517	476	
46.618	4.622	577	1.269	197	4	2.048	6.376	550	
46.621	4.613	262	1	-	34	297	852	73	
46.624	4.625	237	-	-	8	245	713	61	
46.627	4.620	1.207	6	2	14	1.230	3.599	310	
46.630	4.624	263	33	23	2	321	975	84	
46.633	4.625	261	5	-	11	277	807	70	
46.636	4.620	1.102	18	20	10	1.150	3.388	292	
46.639	4.617	24.279	10.355	583	116	35.333	109.684	9.456	
46.642	4.611	3.026	74	150	84	3.334	9.719	838	
46.645	4.621	985	-	-	10	995	3.065	264	
46.648	4.613	46	-	-	32	78	209	18	
46.651	4.623	489	4	2	6	501	1.465	126	
46.654	4.625	248	26	0	7	282	830	72	
46.657	4.624	207	14	4	1	226	692	60	
46.660	4.612	7.769	665	28	340	8.802	25.828	2.227	
46.663	4.624	358	143	145	3	648	1.927	166	
46.666	4.620	201	-	-	2	203	595	51	

ANEXO A. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA A LA COMUNIDAD VALENCIANA

Tabla A-IV. Cuantificación de biomasa a nivel municipal (CONTINUACION).

MUNICIPIO (CÓDIGO GIS)	COMARCA	BIOMASA DISPONIBLE t/año					ENERGÍA (PCS)		
		AGRICOLA	FORESTAL	ALPERUJO	JARDINERIA	TOTAL	MWh	tep	
46.669	4.616	114	-	-	50	164	463	40	
46.672	4.612	234	39	29	1	303	902	78	
46.675	4.620	830	6	7	3	845	2.482	214	
46.678	4.624	199	-	2	0	200	606	52	
46.681	4.620	209	-	-	6	214	625	54	
46.684	4.611	1.042	1.247	52	12	2.354	7.313	630	
46.687	4.618	2.184	113	64	7	2.368	7.281	628	
46.690	4.616	4.916	0	-	92	5.009	15.815	1.363	
46.693	4.625	1.439	13	-	18	1.470	4.305	371	
46.696	4.617	1.877	1.944	1	7	3.829	12.358	1.065	
46.699	4.621	10.813	-	-	26	10.839	34.587	2.982	
46.702	4.610	484	911	58	2	1.456	4.586	395	
46.705	4.621	28.627	0	-	154	28.782	92.375	7.963	
46.708	4.620	983	4	88	8	1.083	3.168	273	
46.711	4.613	5	-	-	51	56	135	12	
46.714	4.625	3.376	420	-	99	3.895	11.501	991	
46.717	4.619	831	468	244	4	1.547	4.704	406	
46.720	4.624	270	73	16	1	360	1.094	94	
46.723	4.610	1.180	1.689	5	3	2.878	9.334	805	
46.726	4.609	112	6	-	3	120	347	30	
46.729	4.623	107	0	2	1	110	320	28	
46.732	4.614	4.401	44	49	397	4.892	14.106	1.216	
46.735	4.612	830	23	6	3	862	2.532	218	
46.738	4.620	664	-	43	7	714	2.092	180	
46.741	4.610	1.189	2.885	63	7	4.144	13.246	1.142	
46.744	4.620	4.570	9	94	29	4.703	13.982	1.205	
46.747	4.617	10.241	3.015	178	69	13.503	41.710	3.596	
46.750	4.623	1.756	103	151	19	2.029	5.991	516	
46.756	4.623	129	-	-	1	129	378	33	
46.759	4.617	7.921	1.516	198	9	9.644	29.580	2.550	
46.762	4.617	2.030	1.262	28	4	3.325	10.408	897	
46.763	4.609	961	322	-	1	1.284	4.034	348	
46.765	4.625	1.189	25	17	21	1.252	3.666	316	
46.768	4.611	4.325	8	102	37	4.471	13.156	1.134	
46.771	4.620	2.131	6	-	42	2.179	6.389	551	
46.774	4.610	2.137	9	179	21	2.346	7.118	614	
46.777	4.613	104	-	-	15	118	328	28	
46.780	4.618	1.468	473	412	11	2.366	7.055	608	
46.783	4.610	685	1.749	-	2	2.435	7.905	681	
46.786	4.619	1.038	843	158	2	2.041	6.552	565	
46.902	4.611	1.085	114	135	-	1.334	4.058	350	
46.903	4.611	299	-	-	19	317	919	79	
46.999	4.621	361	-	-	-	361	1.059	91	

**A.4.- Listado de municipios de la Comunidad Valenciana con coordenadas UTM y superficie.**

Tabla A-V. Coordenadas UTM y superficie de los municipios de la Comunidad Valenciana

CÓDIGO MUNICIPIO	NOMBRE	X, km (UTM)	Y, km (UTM)	SUPERFICIE, km <sup>2</sup>
3001	Alacant	715,2	4251,3	201,69
3005	ADSUBIA	745,8	4305,2	14,80
3010	Agost	705,9	4257,7	66,71
3015	Agres	716,2	4296,3	25,52
3020	Aigües	730,0	4265,9	18,54
3025	Albatera	684,7	4232,1	62,24
3030	Alcalalí	758,2	4294,1	14,64
3035	Alcocer de Planes	725,7	4297,2	4,65
3040	Alcoleja	732,7	4283,2	14,22
3045	Alcoi / Alcoy	716,1	4284,7	129,64
3050	Alfafara	711,8	4295,5	19,77
3055	Alfàs del Pi, l'	753,7	4274,3	19,55
3060	Algorfa	694,3	4215,4	18,71
3065	Algueña	674,5	4246,0	18,54
3070	Almoradí	693,4	4219,4	24,84
3075	Almudaina	729,7	4294,0	8,55
3080	Alqueria d'Asnar, l'	723,9	4294,8	0,79
3085	Altea	757,2	4279,5	34,70
3090	Aspe	693,7	4244,9	70,49
3095	Balones	731,9	4292,0	11,15
3100	Banyeres de Mariola	702,0	4286,9	50,78
3105	Benasau	731,7	4286,5	9,32
3110	Beneixama	694,8	4288,5	34,99
3115	Benejúzar	690,3	4216,4	9,24
3120	Benferri	676,8	4224,8	12,47
3125	Beniarbeig	759,6	4300,9	7,49
3130	Beniardá	742,4	4287,0	15,49
3135	Beniarrés	728,9	4300,9	20,67
3140	Benigembla	750,7	4292,8	19,57
3145	Benidoleig	758,4	4298,1	8,39
3150	Benidorm	750,3	4271,5	39,29
3155	Benifallim	725,3	4281,9	13,40
3160	Benifato	740,2	4282,9	12,02
3165	Benijófar	698,3	4216,7	4,51
3170	Beniloba	726,6	4287,5	9,26
3175	Benillup	727,8	4293,1	3,33
3180	Benimantell	743,6	4281,3	38,02
3185	Benimarfull	726,7	4295,3	5,86
3190	Benimassot	734,9	4293,1	9,59
3195	Benimeli	757,5	4302,2	3,58
3200	Benissa	764,3	4287,2	70,71
3205	Poble Nou de Benitatxell, el	773,9	4291,1	12,97
3210	Biar	696,1	4279,9	97,47
3215	Bigastro	684,8	4214,8	4,13
3220	Bolulla	750,4	4286,0	13,25
3225	Busot	725,2	4264,8	33,88
3230	Calp / Calpe	765,0	4282,8	23,62
3235	Callosa d'En Sarrià	752,1	4282,5	34,28
3240	Callosa de Segura	686,7	4223,0	24,77
3245	Campello, el	729,3	4260,6	55,26
3250	Camp de Mirra, el / Campo	691,3	4286,4	21,40
3255	Cañada	689,6	4284,3	19,31
3260	Castalla	703,0	4271,6	115,21
3265	Castell de Castells	744,6	4291,3	45,90
3270	Catral	693,1	4225,2	20,06
3275	Cocentaina	722,0	4290,9	52,42
3280	Confrides	737,0	4284,9	39,77
3285	Cox	684,1	4224,1	16,64
3290	Crevillent	691,4	4234,3	104,24

ANEXO A. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA A LA COMUNIDAD VALENCIANA

Tabla A-V. Coordenadas UTM y superficie de los municipios de la Comunidad Valenciana (CONT.).

CÓDIGO MUNICIPIO	NOMBRE	X, km (UTM)	Y, km (UTM)	SUPERFICE, km <sup>2</sup>
3295	Quatretondeta	733,6	4289,0	16,33
3300	Daya Nueva	696,2	4220,6	7,15
3305	Daya Vieja	698,7	4220,2	3,11
3310	Dénia	767,5	4302,0	66,26
3315	Dolores	696,9	4223,8	18,67
3320	Elx / Elche	704,4	4236,0	326,11
3325	Elda	690,2	4261,0	45,79
3330	Facheca	737,1	4290,7	10,49
3335	Famorca	740,0	4290,7	9,70
3340	Finestrat	743,7	4273,4	41,23
3345	Formentera del Segura	698,6	4218,9	4,39
3350	Gata de Gorgos	766,8	4295,7	20,82
3355	Gaianes	724,8	4299,7	9,38
3360	Gorga	728,4	4289,4	9,28
3365	Granja de Rocamora	684,6	4225,3	7,15
3370	Castell de Guadalest, el	746,5	4284,2	16,11
3375	Guardamar del Segura	704,6	4217,5	35,75
3380	Hondón de las Nieves	684,2	4242,2	68,03
3385	Hondón de los Frailes	681,0	4237,9	12,42
3390	Ibri	712,3	4278,2	62,48
3395	Jacarilla	688,6	4213,5	12,27
3400	Xaló / Jalón	758,2	4289,3	33,43
3405	Xàbia / Jávea	774,9	4295,9	69,14
3410	Xixona / Jijona	718,9	4270,2	163,93
3415	Orxa, l' / Lorcha	733,7	4303,7	32,27
3420	Llíber	761,5	4291,1	22,56
3425	Millena	728,0	4291,4	9,70
3430	Monforte del Cid	701,4	4251,2	80,30
3435	Monóver / Monóvar	682,3	4255,7	153,21
3440	Mutxamel	720,5	4257,2	48,11
3445	Murla	754,1	4295,1	5,78
3450	Muro de Alcoy	721,9	4296,6	30,69
3455	Novelda	693,4	4252,0	74,26
3460	Nucia, la	750,9	4276,6	21,65
3465	Ondara	761,9	4302,1	10,23
3470	Onil	703,7	4278,9	48,28
3475	Orba	754,9	4297,2	17,78
3480	Orxeta	737,3	4271,0	23,60
3485	Orihuela	683,5	4215,6	365,49
3490	Parcent	754,4	4292,1	11,78
3495	Pedreguer	763,5	4298,4	28,93
3500	Pego	751,8	4303,7	53,53
3505	Penàguila	728,6	4282,3	50,00
3510	Petrer	697,9	4263,0	105,42
3515	Pinoso	672,1	4253,6	127,40
3520	Planes	731,9	4297,2	39,60
3525	Polop	748,0	4278,7	22,43
3530	Rafal	688,8	4220,1	1,63
3535	Ràfol d'Almúnia, el	756,1	4302,4	4,97
3540	Redován	682,3	4221,6	9,46
3545	Relleu	731,9	4272,7	77,96
3550	Rojales	700,2	4216,7	27,46
3555	Romana, la	682,9	4247,5	44,03
3560	Sagra	754,8	4300,9	5,66
3565	Salinas	682,3	4264,5	63,31
3570	San Fulgencio	702,3	4222,5	19,75
3575	Sant Joan d'Alacant	724,6	4254,0	9,62
3580	San Miguel de Salinas	693,1	4205,5	55,07
3585	Sant Vicent del Raspeig / S	715,3	4256,3	40,09

ANEXO A. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA A LA COMUNIDAD VALENCIANA

Tabla A-V. Coordenadas UTM y superficie de los municipios de la Comunidad Valenciana (CONT.).

CÓDIGO MUNICIPIO	NOMBRE	X, km (UTM)	Y, km (UTM)	SUPERFICIE, km <sup>2</sup>
3590	Sanet y Negrals	758,1	4300,7	3,94
3595	Santa Pola	712,3	4231,4	58,34
3600	Sax	690,6	4269,2	63,53
3605	Sella	737,0	4278,1	39,11
3610	Senija	764,7	4291,9	4,74
3615	Poblets, els	762,0	4305,2	3,87
3620	Tárbeno	752,7	4288,4	31,48
3625	Teulada	770,9	4289,6	31,75
3630	Tibi	709,8	4266,6	70,62
3635	Tollos	739,1	4294,1	14,39
3640	Tormos	754,3	4299,3	5,38
3645	Torre de les Maçanes, la / T	725,6	4276,3	36,71
3650	Torreveija	701,6	4208,5	71,42
3655	Vall d'Alcalà, la	738,8	4297,0	23,67
3660	Vall de Ebo	745,8	4298,6	32,31
3665	Vall de Gallinera	740,4	4301,7	54,29
3670	Vall de Laguar, la	749,3	4295,9	22,55
3675	Verger, el	760,1	4304,7	8,22
3680	Vila Joiosa, la / Villajoyosa	739,8	4267,4	58,33
3685	Villena	681,7	4278,5	342,99
3902	Pilar de la Horadada	691,0	4197,1	78,01
3903	Montesinos, Los	695,7	4211,6	32,24
3904	San Isidro	689,1	4227,6	11,37
12001	Castelló de la Plana / Caste	752,5	4431,9	109,55
12005	Atzeneta del Maestrat	739,5	4457,8	71,18
12010	Ain	726,8	4419,5	12,03
12015	Albocàsser	756,3	4473,8	82,65
12020	Alcalà de Xivert	774,8	4465,8	167,24
12025	#N/A	737,5	4439,0	94,57
12030	Alcudia de Veo	727,1	4422,5	30,73
12035	Alfondegulla	732,7	4413,6	28,27
12040	Algimia de Almonacid	720,6	4421,8	20,14
12045	Almassora / Almazora	750,6	4426,6	33,55
12050	Almedijar	721,8	4417,0	21,50
12055	Almenara	737,7	4404,0	27,86
12060	Altura	706,9	4410,2	129,82
12065	Arañuel	714,3	4440,2	19,13
12070	Ares del Mestre	745,2	4481,3	118,81
12075	Argelita	726,9	4438,8	15,21
12080	Artana	735,5	4420,0	36,43
12085	Ayódar	723,4	4430,3	23,82
12090	Azuébar	725,4	4414,7	23,43
12100	Barracas	696,8	4430,3	41,60
12105	Betxi	739,8	4423,0	21,23
12110	Bejis	693,6	4419,4	42,39
12115	Benafer	704,6	4427,4	17,14
12120	Benafigos	738,6	4462,0	36,24
12125	Alcora, l'	740,5	4474,7	79,31
12130	Benicarló	788,7	4482,8	48,00
12135	Benicàssim / Benicasim	759,6	4438,7	36,50
12140	Benlloch	760,3	4455,5	43,74
12150	Borriol	750,0	4437,7	61,29
12155	Burriana	750,2	4419,8	46,59
12160	Cabanes	763,7	4448,6	131,64
12165	Càlig	784,3	4485,2	27,03
12170	Canet lo Roig	773,9	4495,3	68,75
12175	Castell de Cabres	757,3	4506,8	30,56
12180	Castellfort	737,4	4487,9	66,78
12185	Castellnovo	718,4	4414,9	19,46

ANEXO A. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA A LA COMUNIDAD VALENCIANA

Tabla A-V. Coordenadas UTM y superficie de los municipios de la Comunidad Valenciana (CONT.).

CÓDIGO MUNICIPIO	NOMBRE	X, km (UTM)	Y, km (UTM)	SUPERFICIE, km <sup>2</sup>
12190	Castillo de Villamalefa	724,4	4447,5	37,76
12195	Catí	756,1	4485,1	102,42
12200	Caudiel	707,4	4429,3	62,45
12205	Cervera del Maestre	778,5	4482,3	93,87
12210	Cinctorres	735,5	4495,6	35,02
12215	Cirat	717,2	4436,7	41,23
12225	Cortes de Arenoso	710,5	4449,9	81,32
12230	Costur	741,9	4445,3	21,82
12235	Coves de Vinromà, les	765,1	4468,5	136,76
12240	Culla	744,6	4466,2	116,25
12245	Xert / Chert	765,6	4491,9	82,34
12250	Chilches / Xilxes	741,5	4407,3	13,53
12260	Xodos / Chodos	730,7	4457,1	44,51
12265	Chóvar	729,1	4414,6	18,21
12270	Eslida	730,6	4418,9	18,33
12275	Espadilla	724,9	4433,5	12,08
12280	Fanzara	729,3	4432,8	35,04
12285	Figueroles	736,8	4445,7	12,40
12290	Forcall	735,8	4504,6	39,14
12300	Fuente la Reina	704,0	4437,0	7,48
12305	Fuentes de Ayódar	719,8	4433,4	11,05
12310	Gaibiel	713,8	4423,2	18,26
12320	Geldo	717,0	4412,9	0,59
12325	Herbés	752,3	4510,9	26,76
12330	Higueras	712,8	4430,0	11,85
12335	Jana, la	774,6	4488,8	19,48
12340	Jérica	706,7	4418,5	78,66
12345	Lucena del Cid	731,7	4448,1	136,81
12350	Ludiente	723,8	4441,9	31,51
12355	Llosa, la	739,8	4405,9	10,02
12360	Mata, la	730,4	4499,4	15,01
12365	Matet	717,5	4424,8	14,82
12370	Moncofa	743,9	4409,5	14,44
12375	Montán	709,1	4434,1	34,20
12380	Montanejos	710,3	4438,5	37,96
12385	Morella	747,6	4498,4	413,92
12390	Navajas	713,9	4417,8	7,79
12395	Nules	743,1	4415,5	50,03
12400	Olocau del Rey	725,1	4502,6	44,17
12405	Onda	736,8	4429,4	108,04
12410	Orpesa / Oropesa del Mar	766,4	4442,9	26,73
12420	Palanques	737,5	4510,6	14,51
12425	Pavías	715,3	4427,7	14,71
12430	Peñíscola	785,0	4473,0	78,84
12435	Pina de Montalgrao	700,7	4432,2	31,99
12440	Portell de Morella	731,5	4491,4	49,54
12445	Puebla de Arenoso	706,3	4442,1	42,48
12450	Pobla de Benifassà, la	767,6	4508,9	135,62
12455	Pobla Tornesa, la	755,7	4443,8	26,04
12460	Ribesalbes	732,4	4434,5	8,88
12465	Rosell	772,9	4502,0	74,97
12470	Sacañet	693,9	4414,1	30,54
12475	Salzadella, la	767,1	4479,1	50,03
12480	Sant Jordi / San Jorge	784,7	4493,0	36,21
12485	Sant Mateu	769,2	4484,5	64,79
12490	San Rafael del Río	782,7	4499,3	21,18
12495	Santa Magdalena de Pulpis	778,0	4474,7	67,21
12500	Sarratella	758,3	4466,7	18,34
12505	Segorbe	717,3	4407,5	105,76

ANEXO A. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA A LA COMUNIDAD VALENCIANA

Tabla A-V. Coordenadas UTM y superficie de los municipios de la Comunidad Valenciana (CONT.).

CÓDIGO MUNICIPIO	NOMBRE	X, km (UTM)	Y, km (UTM)	SUPERFICIE, km <sup>2</sup>
12510	Sierra Engarcerán	752,9	4461,5	82,15
12515	Soneja	724,7	4411,2	28,78
12520	Sot de Ferrer	722,6	4409,2	8,75
12525	Suera / Sueras	726,2	4426,2	22,08
12530	Tales	730,7	4425,4	14,51
12535	Teresa	698,9	4418,2	19,79
12540	Tírig	760,6	4480,5	42,32
12545	Todolella	731,6	4503,1	33,89
12550	Toga	724,0	4436,9	13,50
12555	Torás	697,8	4422,6	16,54
12560	Toro, El	690,2	4426,0	109,68
12565	Torralba del Pinar	717,9	4430,5	20,77
12570	Torre d'En Besora, la	748,2	4467,7	11,98
12575	Torre Endoménech	761,4	4462,2	3,34
12580	Torreblanca	772,6	4456,2	29,79
12585	Torrechiva	721,6	4436,6	11,92
12590	Traiguera	781,2	4494,2	60,00
12595	Useres, les / Useras	744,1	4451,7	80,50
12600	Vall d'Alba	753,0	4452,4	53,29
12605	Vall de Almonacid	717,5	4419,7	20,75
12610	Vall d'Uixó, la	736,8	4410,9	67,11
12615	Vallat	727,6	4435,4	5,08
12620	Vallibona	761,5	4500,0	91,30
12625	Vilafamés	749,7	4445,6	70,66
12630	Villafranca del Cid	732,2	4479,4	94,03
12635	Villahermosa del Río	719,4	4454,0	108,53
12640	Villamalur	721,7	4426,6	19,41
12645	Vilanova d'Alcolea	763,0	4459,1	68,16
12650	Villanueva de Viver	701,5	4437,0	5,80
12655	Vilar de Canes	749,5	4471,4	15,87
12660	Vila-real / Villarreal	745,5	4424,5	55,05
12665	Vilavella, la	740,3	4416,6	5,85
12670	Vitlores	736,0	4507,1	5,32
12675	Vinaròs	791,2	4490,3	95,66
12680	Vistabella del Maestrazgo	729,7	4465,5	150,82
12685	Viver	702,6	4423,1	50,05
12690	Zorita del Maestrazgo	739,5	4514,2	69,46
12695	Zucaína	717,7	4445,7	51,57
12901	Alquerías del Niño Perdido	745,5	4419,6	12,98
12902	Sant Joan de Moró	745,1	4439,6	28,55
46001	Valencia	727,5	4366,9	137,93
46003	Ademuz	651,1	4437,2	100,68
46006	Ador	739,4	4312,1	13,78
46009	Atzeneta d'Albaida	718,2	4301,4	5,96
46012	Agullent	712,1	4301,5	16,51
46015	Alaquàs	717,8	4370,2	3,73
46018	Albaida	714,9	4303,1	34,98
46021	Albal	722,5	4363,8	7,26
46024	Albalat de la Ribera	726,8	4344,7	14,46
46027	Albalat dels Tarongers	726,8	4395,5	21,52
46030	Albalat dels Sorells	727,8	4381,3	4,93
46033	Alberic	713,0	4333,0	27,19
46036	Alborache	693,4	4361,3	27,34
46039	Alboraya	729,1	4375,9	8,34
46042	Albuixech	730,6	4380,7	4,31
46045	Alcàsser	719,9	4362,4	8,72
46048	Alcàntera de Xúquer	711,4	4327,1	3,22
46051	Alzira	720,5	4335,4	110,04
46054	Alcublas	698,8	4408,8	43,50

ANEXO A. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA A LA COMUNIDAD VALENCIANA

Tabla A-V. Coordenadas UTM y superficie de los municipios de la Comunidad Valenciana (CONT.).

CÓDIGO MUNICIPIO	NOMBRE	X, km (UTM)	Y, km (UTM)	SUPERFICIE, km <sup>2</sup>
46057	Alcúdia, l'	714,0	4341,3	23,70
46060	Alcúdia de Crespins, l'	707,6	4316,5	5,10
46063	Aldaia	716,2	4371,0	16,05
46066	Alfafar	727,3	4365,1	10,01
46069	Alfauir	738,8	4312,9	5,86
46072	Alfara de Algimia	727,3	4405,9	11,70
46075	Alfara del Patriarca	725,2	4380,1	1,89
46078	Alfarp	713,7	4351,2	20,74
46081	Alfarrasí	716,7	4309,5	6,45
46084	Algar de Palancia	725,8	4407,5	13,16
46087	Algemesí	722,1	4343,8	41,34
46090	Algimia de Alfara	723,5	4402,9	14,15
46093	Alginet	718,9	4348,9	23,96
46096	Almàspera	727,9	4377,4	2,74
46099	Almiserà	735,3	4312,3	7,42
46102	Almoines	744,5	4314,7	2,16
46105	Almussafes	723,3	4353,1	10,98
46108	Alpuente	668,7	4419,6	138,57
46111	Alqueria de la Comtessa, l'	746,9	4313,5	2,05
46114	Andilla	688,2	4409,5	142,58
46117	Anna	703,1	4321,3	21,05
46120	Antella	707,5	4330,5	17,47
46123	Aras de los Olmos	658,4	4421,7	75,87
46126	Aielo de Malferit	707,7	4306,9	26,98
46129	Aielo de Rugat	730,6	4306,9	7,67
46132	Ayora	666,8	4320,8	446,19
46135	Barxeta	723,3	4321,6	28,59
46138	Barx	732,7	4321,7	16,11
46141	Bèlgida	720,2	4304,9	17,25
46144	Bellreguard	746,9	4315,6	2,97
46147	Bellús	716,9	4314,0	9,84
46150	Benagéber	660,8	4398,9	69,88
46153	Benaguasil	704,8	4385,6	25,85
46156	Benavites	736,9	4402,1	4,06
46159	Beneixida	712,1	4327,8	3,18
46162	Benetússer	724,1	4367,1	0,73
46165	Beniarjó	743,6	4313,4	2,76
46168	Beniatjar	723,7	4303,6	11,42
46171	Benicolet	731,5	4311,4	11,41
46174	Benifairó de les Valls	733,6	4400,9	4,41
46177	Benifairó de la Valldigna	733,6	4327,4	20,06
46180	Benifaió	720,5	4351,7	20,17
46183	Beniflá	743,7	4312,6	0,59
46186	Benigànim	721,4	4315,0	33,13
46189	Benimodo	711,6	4341,6	12,64
46192	Benimuslem	716,7	4335,3	4,12
46195	Beniparrell	722,7	4362,7	3,83
46198	Benirredrà	743,1	4316,5	0,41
46201	Benisanó	708,6	4388,1	2,16
46204	Benissoda	714,4	4300,6	4,08
46207	Benisuera	718,5	4309,8	2,19
46210	Bétera	717,9	4386,6	74,90
46213	Bicorp	686,1	4331,7	136,36
46216	Bocairent	708,0	4291,1	96,86
46219	Bolbaite	695,2	4325,0	40,62
46222	Bonrepòs i Mirambell	726,4	4377,9	1,03
46225	Bufali	716,7	4305,1	3,15
46228	Buñarra	691,5	4387,8	39,91
46231	Buñol	685,3	4366,8	112,74

ANEXO A. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA A LA COMUNIDAD VALENCIANA

Tabla A-V. Coordenadas UTM y superficie de los municipios de la Comunidad Valenciana (CONT.).

CÓDIGO MUNICIPIO	NOMBRE	X, km (UTM)	Y, km (UTM)	SUPERFICIE, km <sup>2</sup>
46234	Burjassot	722,6	4376,6	3,62
46237	Calles	675,6	4401,0	67,16
46240	Camporrobles	639,2	4388,8	89,24
46243	Canals	709,3	4314,2	21,23
46246	Canet d'En Berenguer	738,8	4396,2	4,06
46249	Carcaixent	722,6	4331,0	59,42
46252	Càrcer	710,1	4326,5	7,50
46255	Carlet	712,8	4345,9	45,20
46258	Carrícola	719,4	4302,6	4,64
46261	Casas Altas	649,4	4433,2	15,62
46264	Casas Bajas	648,5	4431,0	23,13
46267	Casinos	693,6	4397,5	41,41
46270	Castelló de Rugat	726,8	4306,9	19,07
46273	Castellonet de la Conquesta	737,4	4310,2	5,62
46276	Castielfabib	642,0	4443,5	108,96
46279	Catadau	706,5	4348,1	35,71
46282	Catarroja	724,5	4364,2	12,81
46285	Caudete de las Fuentes	646,9	4378,9	34,52
46288	Cerdà	710,3	4318,2	0,31
46291	Cofrentes	665,8	4347,0	105,57
46294	Corbera	728,9	4338,0	20,28
46297	Cortes de Pallás	678,0	4346,7	231,81
46300	Cotes	707,7	4326,2	5,90
46303	Quart de les Valls	732,4	4403,2	8,20
46306	Quart de Poblet	715,4	4372,4	20,29
46309	Quartell	736,8	4401,4	3,60
46312	Quatretonda	726,6	4316,8	43,66
46315	Cullera	736,9	4338,6	54,27
46318	Chelva	670,0	4401,2	190,17
46321	Chella	699,1	4323,8	44,29
46324	Chera	675,3	4383,8	54,34
46327	Cheste	699,7	4376,0	72,28
46330	Xirivella	721,2	4371,1	5,26
46333	Chiva	694,2	4373,6	178,22
46336	Chulilla	683,9	4391,6	62,78
46339	Daimús	747,0	4317,7	3,10
46342	Domeño	677,1	4397,1	63,41
46345	Dos Aguas	692,1	4351,2	120,72
46348	Eliana, l'	712,7	4382,3	8,54
46351	Emperador	728,4	4381,8	0,02
46354	Enguera	689,8	4315,2	241,86
46357	Ènova, l'	719,5	4324,8	7,60
46360	Estivella	725,6	4399,6	20,73
46363	Estubeny	706,4	4321,6	6,45
46366	Faura	734,8	4401,4	1,34
46369	Favara	733,6	4333,6	9,43
46372	Fontanars dels Alforins	692,5	4294,9	74,99
46375	Fortaleny	731,9	4340,1	4,64
46378	Foios	727,0	4380,8	6,24
46381	Font d'En Carròs, la	746,1	4311,4	9,79
46384	Font de la Figuera, la	683,1	4299,7	84,97
46387	Fuenterrobles	640,3	4382,4	49,16
46390	Gavarda	711,1	4330,1	7,76
46393	Gandia	741,3	4318,9	60,71
46396	Genovés	719,7	4318,5	15,16
46399	Gestalgar	685,4	4383,8	69,76
46402	Gilet	728,3	4395,3	7,14
46405	Godella	721,2	4379,6	8,18
46408	Godolleta	700,9	4366,9	37,53

ANEXO A. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA A LA COMUNIDAD VALENCIANA

Tabla A-V. Coordenadas UTM y superficie de los municipios de la Comunidad Valenciana (CONT.).

CÓDIGO MUNICIPIO	NOMBRE	X, km (UTM)	Y, km (UTM)	SUPERFICIE, km <sup>2</sup>
46411	Granja de la Costera, la	711,6	4319,3	0,64
46414	Guadasequies	717,3	4311,9	3,32
46417	Guadassuar	713,4	4340,1	35,30
46420	Guardamar de la Safor	747,4	4316,8	1,03
46423	Hiqueruelas	683,1	4404,9	19,02
46426	Jalance	664,3	4340,5	94,95
46429	Xeraco	740,0	4324,7	20,36
46432	Jarafuel	663,3	4335,2	102,76
46435	Xàtiva	715,3	4320,1	78,95
46438	Xeresa	740,3	4322,1	16,86
46441	Llíria	700,9	4396,2	227,11
46444	Loriguilla	673,3	4390,4	66,46
46447	Losa del Obispo	683,2	4396,7	12,12
46450	Llutxent	730,5	4314,4	40,91
46453	Llocnou d'En Fenollet	719,2	4321,2	1,52
46456	Lugar Nuevo de la Corona	725,2	4366,9	0,03
46459	Llocnou de Sant Jeroni	735,1	4309,7	6,41
46462	Llanera de Ranes	708,6	4319,7	9,26
46465	Llaurí	731,4	4335,7	13,62
46468	Llombai	707,8	4352,5	55,10
46471	Llosa de Ranes, la	713,2	4323,0	7,57
46474	Macastre	690,0	4357,8	36,93
46477	Manises	715,5	4375,3	19,20
46480	Manuel	717,1	4326,0	6,02
46483	Marines	710,1	4400,2	35,77
46486	Masalavés	714,6	4337,0	7,47
46489	Massalfassar	730,9	4382,0	2,93
46492	Massamagrell	729,0	4384,3	6,00
46495	Massanassa	726,4	4364,3	5,69
46498	Meliana	729,2	4378,6	4,82
46501	Millares	690,7	4342,7	105,51
46504	Miramar	748,3	4315,9	2,56
46507	Mislata	721,9	4372,9	1,96
46510	Moixent / Mogente	691,2	4304,2	149,09
46513	Moncada	723,8	4382,8	16,35
46516	Monserrat	708,2	4360,1	45,43
46519	Montaverner	717,8	4307,3	7,38
46522	Montesa	704,5	4313,1	48,23
46525	Montichelvo	731,2	4308,4	8,12
46528	Montroy	702,4	4356,5	31,64
46531	Museros	726,9	4384,1	12,78
46534	Náquera	722,0	4390,9	38,55
46537	Navarrés	697,7	4329,8	46,47
46540	Novetlè / Novelé	712,2	4317,4	1,55
46543	Oliva	751,2	4309,6	59,43
46546	Olocau	712,1	4396,3	37,28
46549	Ollería, l'	713,0	4310,4	31,90
46550	Païporta	722,8	4367,4	4,13
46552	Ontinyent	703,7	4298,8	125,74
46555	Otos	721,5	4305,6	10,88
46561	Palma de Gandía	739,5	4314,6	13,79
46564	Palmera	747,0	4314,5	0,95
46567	Palomar, el	717,9	4303,7	8,02
46570	Paterna	717,8	4378,2	36,43
46573	Pedralba	695,3	4385,7	58,87
46576	Petrés	730,7	4396,3	1,92
46579	Picanya	720,7	4368,2	7,26
46582	Picassent	716,7	4358,6	86,26
46585	Piles	749,0	4314,7	3,84

ANEXO A. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA A LA COMUNIDAD VALENCIANA

Tabla A-V. Coordenadas UTM y superficie de los municipios de la Comunidad Valenciana (CONT.).

CÓDIGO MUNICIPIO	NOMBRE	X, km (UTM)	Y, km (UTM)	SUPERFICE, km <sup>2</sup>
46588	Pinet	731,6	4318,6	11,93
46591	Polinyà de Xúquer	727,0	4341,4	9,14
46594	Potries	743,7	4311,3	3,10
46597	Pobla de Farnals, la	731,2	4384,0	3,71
46600	Puebla de San Miguel	659,4	4435,8	63,90
46603	Pobla de Vallbona, la	711,1	4386,7	33,20
46606	Pobla del Duc, la	723,5	4309,6	18,89
46609	Pobla Llarga, la	718,7	4329,1	10,01
46612	Puig	730,2	4386,9	26,70
46615	Puçol	731,3	4389,1	18,01
46618	Quesa	692,2	4330,9	72,72
46621	Rafelbunyol / Rafelbuñol	727,8	4386,5	3,91
46624	Rafelcofer	745,5	4313,5	2,12
46627	Rafelguaraf	721,7	4325,6	16,31
46630	Ráfol de Salem	724,9	4305,1	4,34
46633	Real de Gandía	742,5	4314,9	6,14
46636	Real de Montroi	705,0	4354,4	18,77
46639	Requena	660,5	4367,1	815,02
46642	Riba-roja de Túria	709,8	4377,6	58,13
46645	Riola	730,0	4341,4	5,53
46648	Rocafort	722,4	4379,7	2,54
46651	Rotglà i Corberà	711,0	4321,1	6,15
46654	Rótova	736,8	4313,8	7,71
46657	Rugat	729,0	4307,1	3,27
46660	Sagunt / Sagunto	733,3	4397,1	136,89
46663	Salem	727,3	4303,5	8,53
46666	San Juan de Énova	717,4	4328,0	1,87
46669	Sedaví	725,9	4367,3	1,78
46672	Segart	724,6	4395,6	6,71
46675	Sellent	708,5	4323,5	14,08
46678	Sempere	719,4	4311,0	3,77
46681	Senyera	715,9	4327,1	2,04
46684	Serra	718,3	4396,1	57,42
46687	Siete Aguas	678,6	4372,8	110,43
46690	Silla	723,9	4359,8	25,10
46693	Simat de la Vallidigna	730,3	4325,0	38,41
46696	Sinarcas	653,4	4401,3	102,98
46699	Sollana	726,3	4351,4	38,39
46702	Sot de Chera	679,3	4387,2	34,00
46705	Sueca	732,4	4347,1	93,36
46708	Sumacàrcer	704,8	4329,2	20,08
46711	Tavernes Blanques	726,7	4376,6	0,75
46714	Tavernes de la Vallidigna	737,6	4329,5	49,44
46717	Teresa de Cofrentes	674,5	4331,3	111,89
46720	Terrateig	733,1	4309,1	6,31
46723	Titaguas	661,6	4415,3	64,02
46726	Torrebaja	648,7	4440,4	2,78
46729	Torrella	710,4	4318,3	0,95
46732	Torrent	713,4	4366,3	70,21
46735	Torres Torres	724,3	4401,5	12,04
46738	Tous	702,0	4340,3	127,99
46741	Tuéjar	661,6	4407,9	121,09
46744	Turís	699,3	4361,0	80,09
46747	Utiel	652,7	4387,0	236,92
46750	Vallada	700,5	4308,4	61,59
46756	Vallés	711,9	4318,6	1,14
46759	Venta del Moro	638,5	4368,8	271,68
46762	Villargordo del Cabriel	633,2	4377,1	71,98

ANEXO A. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA A LA COMUNIDAD VALENCIANA

Tabla A-V. Coordenadas UTM y superficie de los municipios de la Comunidad Valenciana (CONT.).

CÓDIGO MUNICIPIO	NOMBRE	X, km (UTM)	Y, km (UTM)	SUPERFICE, km <sup>2</sup>
46763	Vallanca	640,4	4435,2	56,38
46765	Villalonga	740,7	4307,4	43,33
46768	Vilamarxant	701,5	4381,8	70,63
46771	Villanueva de Castellón	714,6	4328,0	20,43
46774	Villar del Arzobispo	687,2	4397,9	39,56
46777	Vinalesa	726,2	4379,5	1,64
46780	Yátova	681,8	4359,2	120,09
46783	Yesa, La	675,8	4419,1	84,81
46786	Zarra	662,8	4329,8	49,68
46902	Gátova	711,6	4404,4	30,34
46903	San Antonio de Benagéber	715,1	4382,5	7,93
46999	Benicull de Xúquer	725,8	4340,8	3,52

**A.5.- Listados de municipios de la Comunidad Valenciana con comarca y provincia de pertenencia**

Se incluye la codificación de los municipios según el Instituto Valenciano de Estadística y el código SIG (se corresponde con un código asignado según cartografía municipal consultada e igual al utilizado en el Censo Agrario 1999). Se han ordenador por código de comarca creciente y código de municipio creciente.

ANEXO A. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA A LA COMUNIDAD VALENCIANA

Tabla A-VI. Relación de municipios con código, nombre, comarca y provincia de pertenencia.

CODIGO MUNICIPIO SIG	CODIGO MUNICIPIO IVE	NOMBRE MUNICIPIO	CÓDIGO COMARCA	NOMBRE COMARCA	PROVINCIA
3015	3003	Agres	326	El Comtat	ALICANTE
3035	3007	Alcocer de Planes	326	El Comtat	ALICANTE
3040	3008	Alcoleja	326	El Comtat	ALICANTE
3050	3010	Alfafara	326	El Comtat	ALICANTE
3075	3016	Almudaina	326	El Comtat	ALICANTE
3080	3017	Alqueria d'Asnar, l'	326	El Comtat	ALICANTE
3095	3020	Balones	326	El Comtat	ALICANTE
3105	3022	Benasau	326	El Comtat	ALICANTE
3135	3028	Beniarrés	326	El Comtat	ALICANTE
3170	3035	Benilloba	326	El Comtat	ALICANTE
3175	3036	Benillup	326	El Comtat	ALICANTE
3185	3038	Benimarfull	326	El Comtat	ALICANTE
3190	3039	Benimassot	326	El Comtat	ALICANTE
3275	3056	Cocentaina	326	El Comtat	ALICANTE
3295	3060	Quatretondeta	326	El Comtat	ALICANTE
3330	3067	Facheca	326	El Comtat	ALICANTE
3335	3068	Famorca	326	El Comtat	ALICANTE
3355	3072	Gaianes	326	El Comtat	ALICANTE
3360	3073	Gorga	326	El Comtat	ALICANTE
3415	3084	Orxa, l' / Lorcha	326	El Comtat	ALICANTE
3425	3086	Millena	326	El Comtat	ALICANTE
3450	3092	Muro	326	El Comtat	ALICANTE
3520	3106	Planes	326	El Comtat	ALICANTE
3635	3130	Tollos	326	El Comtat	ALICANTE
3045	3009	Alcoi / Alcoy	327	L'Alcoià	ALICANTE
3100	3021	Banyeres de Mariola	327	L'Alcoià	ALICANTE
3155	3032	Benifallim	327	L'Alcoià	ALICANTE
3260	3053	Castalla	327	L'Alcoià	ALICANTE
3390	3079	Ibi	327	L'Alcoià	ALICANTE
3470	3096	Onil	327	L'Alcoià	ALICANTE
3505	3103	Penàguila	327	L'Alcoià	ALICANTE
3630	3129	Tibi	327	L'Alcoià	ALICANTE
3110	3023	Beneixama	328	L'Alt Vinalopó / Alto Vinalopó	ALICANTE
3210	3043	Biar	328	L'Alt Vinalopó / Alto Vinalopó	ALICANTE
3250	3051	Camp de Mirra, el / Campo de Mirra	328	L'Alt Vinalopó / Alto Vinalopó	ALICANTE
3255	3052	Cañada	328	L'Alt Vinalopó / Alto Vinalopó	ALICANTE
3565	3116	Salinas	328	L'Alt Vinalopó / Alto Vinalopó	ALICANTE
3600	3123	Sax	328	L'Alt Vinalopó / Alto Vinalopó	ALICANTE
3685	3140	Villena	328	L'Alt Vinalopó / Alto Vinalopó	ALICANTE
3065	3013	Algueña	329	El Vinalopó Mitjà / El Vinalopó Medio	ALICANTE
3090	3019	Aspe	329	El Vinalopó Mitjà / El Vinalopó Medio	ALICANTE
3325	3066	Elda	329	El Vinalopó Mitjà / El Vinalopó Medio	ALICANTE
3380	3077	Hondón de las Nieves	329	El Vinalopó Mitjà / El Vinalopó Medio	ALICANTE
3385	3078	Hondón de los Frailes	329	El Vinalopó Mitjà / El Vinalopó Medio	ALICANTE
3430	3088	Monforte del Cid	329	El Vinalopó Mitjà / El Vinalopó Medio	ALICANTE
3435	3089	Monóver / Monóvar	329	El Vinalopó Mitjà / El Vinalopó Medio	ALICANTE
3455	3093	Novelda	329	El Vinalopó Mitjà / El Vinalopó Medio	ALICANTE
3510	3104	Petrer	329	El Vinalopó Mitjà / El Vinalopó Medio	ALICANTE
3515	3105	Pinoso	329	El Vinalopó Mitjà / El Vinalopó Medio	ALICANTE
3555	3114	Romana, la	329	El Vinalopó Mitjà / El Vinalopó Medio	ALICANTE
3005	3001	Adsubia	330	La Marina Alta	ALICANTE
3030	3006	Alcalalí	330	La Marina Alta	ALICANTE
3125	3026	Beniarbeig	330	La Marina Alta	ALICANTE
3140	3029	Benigembla	330	La Marina Alta	ALICANTE
3145	3030	Benidoleig	330	La Marina Alta	ALICANTE
3195	3040	Benimeli	330	La Marina Alta	ALICANTE
3200	3041	Benissa	330	La Marina Alta	ALICANTE
3205	3042	Poble Nou de Benitatxell, el / Benitachell	330	La Marina Alta	ALICANTE
3230	3047	Calp / Calpe	330	La Marina Alta	ALICANTE
3265	3054	Castell de Castells	330	La Marina Alta	ALICANTE
3310	3063	Dénia	330	La Marina Alta	ALICANTE
3350	3071	Gata de Gorgos	330	La Marina Alta	ALICANTE
3400	3081	Xaló / Jalón	330	La Marina Alta	ALICANTE
3405	3082	Xàbia / Jávea	330	La Marina Alta	ALICANTE
3420	3085	Llíber	330	La Marina Alta	ALICANTE

ANEXO A. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA A LA COMUNIDAD VALENCIANA

Tabla A-VI. Relación de municipios con código, nombre, comarca y provincia de pertenencia (CONT.)

CODIGO MUNICIPIO SIG	CODIGO MUNICIPIO IVE	NOMBRE MUNICIPIO	CÓDIGO COMARCA	NOMBRE COMARCA	PROVINCIA
3445	3091	Murla	330	La Marina Alta	ALICANTE
3465	3095	Ondara	330	La Marina Alta	ALICANTE
3475	3097	Orba	330	La Marina Alta	ALICANTE
3490	3100	Parcent	330	La Marina Alta	ALICANTE
3495	3101	Pedreguer	330	La Marina Alta	ALICANTE
3500	3102	Pego	330	La Marina Alta	ALICANTE
3535	3110	Ràfol d'Almúnia, el	330	La Marina Alta	ALICANTE
3560	3115	Sagra	330	La Marina Alta	ALICANTE
3590	3117	Sanet y Negrals	330	La Marina Alta	ALICANTE
3610	3125	Senija	330	La Marina Alta	ALICANTE
3625	3128	Teulada	330	La Marina Alta	ALICANTE
3640	3131	Tormos	330	La Marina Alta	ALICANTE
3655	3134	Vall d'Alcalà, la	330	La Marina Alta	ALICANTE
3660	3135	Vall de Ebo	330	La Marina Alta	ALICANTE
3665	3136	Vall de Gallinera	330	La Marina Alta	ALICANTE
3670	3137	Vall de Laguar, la	330	La Marina Alta	ALICANTE
3675	3138	Verger, el	330	La Marina Alta	ALICANTE
3615	3901	Poblets, els	330	La Marina Alta	ALICANTE
3055	3011	Alfàs del Pi, l'	331	La Marina Baixa	ALICANTE
3085	3018	Altea	331	La Marina Baixa	ALICANTE
3130	3027	Beniardá	331	La Marina Baixa	ALICANTE
3150	3031	Benidorm	331	La Marina Baixa	ALICANTE
3160	3033	Benifato	331	La Marina Baixa	ALICANTE
3180	3037	Benimantell	331	La Marina Baixa	ALICANTE
3220	3045	Bolulla	331	La Marina Baixa	ALICANTE
3235	3048	Callosa d'En Sarrià	331	La Marina Baixa	ALICANTE
3280	3057	Confrides	331	La Marina Baixa	ALICANTE
3340	3069	Finestrat	331	La Marina Baixa	ALICANTE
3370	3075	Castell de Guadalest, el	331	La Marina Baixa	ALICANTE
3460	3094	Nucia, la	331	La Marina Baixa	ALICANTE
3480	3098	Orxeta	331	La Marina Baixa	ALICANTE
3525	3107	Polop	331	La Marina Baixa	ALICANTE
3545	3112	Relleu	331	La Marina Baixa	ALICANTE
3605	3124	Sella	331	La Marina Baixa	ALICANTE
3620	3127	Tàrbena	331	La Marina Baixa	ALICANTE
3680	3139	Vila Joiosa, la / Villajoyosa	331	La Marina Baixa	ALICANTE
3010	3002	Agost	332	L'Alacantí	ALICANTE
3020	3004	Aigües	332	L'Alacantí	ALICANTE
3001	3014	Alacant / Alicante	332	L'Alacantí	ALICANTE
3225	3046	Busot	332	L'Alacantí	ALICANTE
3245	3050	Campello, el	332	L'Alacantí	ALICANTE
3410	3083	Xixona / Jijona	332	L'Alacantí	ALICANTE
3440	3090	Mutxamel	332	L'Alacantí	ALICANTE
3575	3119	Sant Joan d'Alacant	332	L'Alacantí	ALICANTE
3585	3122	Sant Vicent del Raspeig / San Vicente del Raspeig	332	L'Alacantí	ALICANTE
3645	3132	Torre de les Maçanes, la / Torremanzanas	332	L'Alacantí	ALICANTE
3290	3059	Crevillent	333	El Baix Vinalopó	ALICANTE
3320	3065	Eix / Elche	333	El Baix Vinalopó	ALICANTE
3595	3121	Santa Pola	333	El Baix Vinalopó	ALICANTE
3025	3005	Albatera	334	El Baix Segura / La Vega Baja	ALICANTE
3060	3012	Algorfa	334	El Baix Segura / La Vega Baja	ALICANTE
3070	3015	Almoradí	334	El Baix Segura / La Vega Baja	ALICANTE
3115	3024	Benejúzar	334	El Baix Segura / La Vega Baja	ALICANTE
3120	3025	Benferri	334	El Baix Segura / La Vega Baja	ALICANTE
3165	3034	Benijófar	334	El Baix Segura / La Vega Baja	ALICANTE
3215	3044	Bigastro	334	El Baix Segura / La Vega Baja	ALICANTE
3240	3049	Callosa de Segura	334	El Baix Segura / La Vega Baja	ALICANTE
3270	3055	Catral	334	El Baix Segura / La Vega Baja	ALICANTE
3285	3058	Cox	334	El Baix Segura / La Vega Baja	ALICANTE
3300	3061	Daya Nueva	334	El Baix Segura / La Vega Baja	ALICANTE
3305	3062	Daya Vieja	334	El Baix Segura / La Vega Baja	ALICANTE
3315	3064	Dolores	334	El Baix Segura / La Vega Baja	ALICANTE
3345	3070	Formentera del Segura	334	El Baix Segura / La Vega Baja	ALICANTE
3365	3074	Granja de Rocamora	334	El Baix Segura / La Vega Baja	ALICANTE
3375	3076	Guardamar del Segura	334	El Baix Segura / La Vega Baja	ALICANTE

ANEXO A. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA A LA COMUNIDAD VALENCIANA

Tabla A-VI. Relación de municipios con código, nombre, comarca y provincia de pertenencia (CONT.)

CODIGO MUNICIPIO SIG	CODIGO MUNICIPIO IVE	NOMBRE MUNICIPIO	CODIGO COMARCA	NOMBRE COMARCA	PROVINCIA
3395	3080	Jacarilla	334	El Baix Segura / La Vega Baja	ALICANTE
3485	3099	Orihuela	334	El Baix Segura / La Vega Baja	ALICANTE
3530	3109	Rafal	334	El Baix Segura / La Vega Baja	ALICANTE
3540	3111	Redován	334	El Baix Segura / La Vega Baja	ALICANTE
3550	3113	Rojales	334	El Baix Segura / La Vega Baja	ALICANTE
3570	3118	San Fulgencio	334	El Baix Segura / La Vega Baja	ALICANTE
3580	3120	San Miguel de Salinas	334	El Baix Segura / La Vega Baja	ALICANTE
3650	3133	Torreveja	334	El Baix Segura / La Vega Baja	ALICANTE
3902	3902	Pilar de la Horadada	334	El Baix Segura / La Vega Baja	ALICANTE
3903	3903	Montesinos, Los	334	El Baix Segura / La Vega Baja	ALICANTE
3904	3904	San Isidro	334	El Baix Segura / La Vega Baja	ALICANTE
12180	12038	Castellfort	1201	Els Ports	CASTELLÓN
12210	12045	Cinctorres	1201	Els Ports	CASTELLÓN
12290	12061	Forcall	1201	Els Ports	CASTELLÓN
12325	12068	Herbés	1201	Els Ports	CASTELLÓN
12360	12075	Mata, la	1201	Els Ports	CASTELLÓN
12385	12080	Morella	1201	Els Ports	CASTELLÓN
12400	12083	Olocau del Rey	1201	Els Ports	CASTELLÓN
12420	12087	Palanques	1201	Els Ports	CASTELLÓN
12440	12091	Portell de Morella	1201	Els Ports	CASTELLÓN
12545	12112	Todolella	1201	Els Ports	CASTELLÓN
12620	12127	Vallibona	1201	Els Ports	CASTELLÓN
12670	12137	Villores	1201	Els Ports	CASTELLÓN
12690	12141	Zorita del Maestrazgo	1201	Els Ports	CASTELLÓN
12015	12003	Albocàsser	1202	L'Alt Maestrat	CASTELLÓN
12070	12014	Ares del Maestre	1202	L'Alt Maestrat	CASTELLÓN
12125	12026	Benasal	1202	L'Alt Maestrat	CASTELLÓN
12195	12042	Catí	1202	L'Alt Maestrat	CASTELLÓN
12240	12051	Culla	1202	L'Alt Maestrat	CASTELLÓN
12540	12111	Tírig	1202	L'Alt Maestrat	CASTELLÓN
12570	12119	Torre d'En Besora, la	1202	L'Alt Maestrat	CASTELLÓN
12630	12129	Villafranca del Cid	1202	L'Alt Maestrat	CASTELLÓN
12655	12134	Vilar de Canes	1202	L'Alt Maestrat	CASTELLÓN
12020	12004	Alcalá de Xivert	1203	El Baix Maestrat	CASTELLÓN
12130	12027	Benicarló	1203	El Baix Maestrat	CASTELLÓN
12165	12034	Càlig	1203	El Baix Maestrat	CASTELLÓN
12170	12036	Canet lo Roig	1203	El Baix Maestrat	CASTELLÓN
12175	12037	Castell de Cabres	1203	El Baix Maestrat	CASTELLÓN
12205	12044	Cervera del Maestre	1203	El Baix Maestrat	CASTELLÓN
12245	12052	Xert / Chert	1203	El Baix Maestrat	CASTELLÓN
12335	12070	Jana, la	1203	El Baix Maestrat	CASTELLÓN
12430	12089	Peñíscola	1203	El Baix Maestrat	CASTELLÓN
12450	12093	Pobla de Benifassà, la	1203	El Baix Maestrat	CASTELLÓN
12465	12096	Rossell	1203	El Baix Maestrat	CASTELLÓN
12475	12098	Salzadella, la	1203	El Baix Maestrat	CASTELLÓN
12480	12099	Sant Jordi / San Jorge	1203	El Baix Maestrat	CASTELLÓN
12485	12100	Sant Mateu	1203	El Baix Maestrat	CASTELLÓN
12490	12101	San Rafael del Río	1203	El Baix Maestrat	CASTELLÓN
12495	12102	Santa Magdalena de Pulpis	1203	El Baix Maestrat	CASTELLÓN
12590	12121	Traiguera	1203	El Baix Maestrat	CASTELLÓN
12675	12138	Vinaròs	1203	El Baix Maestrat	CASTELLÓN
12005	12001	Atzeneta del Maestrat	1204	L'Alcalatén	CASTELLÓN
12025	12005	Alcora, l'	1204	L'Alcalatén	CASTELLÓN
12120	12025	Benafijos	1204	L'Alcalatén	CASTELLÓN
12230	12049	Costur	1204	L'Alcalatén	CASTELLÓN
12260	12055	Xodos / Chodos	1204	L'Alcalatén	CASTELLÓN
12285	12060	Figueroles	1204	L'Alcalatén	CASTELLÓN
12345	12072	Lucena del Cid	1204	L'Alcalatén	CASTELLÓN
12595	12122	Useres, les / Useras	1204	L'Alcalatén	CASTELLÓN
12680	12139	Vistabella del Maestrazgo	1204	L'Alcalatén	CASTELLÓN
12045	12009	Almassora / Almazora	1205	La Plana Alta	CASTELLÓN
12135	12028	Benicàssim / Benicasim	1205	La Plana Alta	CASTELLÓN
12140	12029	Benlloch	1205	La Plana Alta	CASTELLÓN
12150	12031	Borriol	1205	La Plana Alta	CASTELLÓN
12160	12033	Cabanes	1205	La Plana Alta	CASTELLÓN

ANEXO A. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA A LA COMUNIDAD VALENCIANA

Tabla A-VI. Relación de municipios con código, nombre, comarca y provincia de pertenencia (CONT.)

CODIGO MUNICIPIO SIG	CODIGO MUNICIPIO IVE	NOMBRE MUNICIPIO	CODIGO COMARCA	NOMBRE COMARCA	PROVINCIA
12001	12040	Castelló de la Plana / Castellón de la Plana	1205	La Plana Alta	CASTELLÓN
12235	12050	Coves de Vinromà, les	1205	La Plana Alta	CASTELLÓN
12410	12085	Orpesa / Oropesa del Mar	1205	La Plana Alta	CASTELLÓN
12455	12094	Pobla Tornesa, la	1205	La Plana Alta	CASTELLÓN
12500	12103	Sarratella	1205	La Plana Alta	CASTELLÓN
12510	12105	Sierra Engarcerán	1205	La Plana Alta	CASTELLÓN
12580	12117	Torreblanca	1205	La Plana Alta	CASTELLÓN
12575	12120	Torre Endoménech	1205	La Plana Alta	CASTELLÓN
12600	12124	Vall d'Alba	1205	La Plana Alta	CASTELLÓN
12625	12128	Vilafamés	1205	La Plana Alta	CASTELLÓN
12645	12132	Vilanova d'Alcolea	1205	La Plana Alta	CASTELLÓN
12902	12902	Sant Joan de Moró	1205	La Plana Alta	CASTELLÓN
12010	12002	Aín	1206	La Plana Baixa	CASTELLÓN
12030	12006	Alcudia de Veo	1206	La Plana Baixa	CASTELLÓN
12035	12007	Alfondegulla	1206	La Plana Baixa	CASTELLÓN
12055	12011	Almenara	1206	La Plana Baixa	CASTELLÓN
12080	12016	Artana	1206	La Plana Baixa	CASTELLÓN
12105	12021	Betxi	1206	La Plana Baixa	CASTELLÓN
12155	12032	Burriana	1206	La Plana Baixa	CASTELLÓN
12250	12053	Chilches / Xilxes	1206	La Plana Baixa	CASTELLÓN
12270	12057	Eslida	1206	La Plana Baixa	CASTELLÓN
12355	12074	Llosa, la	1206	La Plana Baixa	CASTELLÓN
12370	12077	Moncofa	1206	La Plana Baixa	CASTELLÓN
12395	12082	Nules	1206	La Plana Baixa	CASTELLÓN
12405	12084	Onda	1206	La Plana Baixa	CASTELLÓN
12460	12095	Ribesalbes	1206	La Plana Baixa	CASTELLÓN
12525	12108	Suera / Sueras	1206	La Plana Baixa	CASTELLÓN
12530	12109	Tales	1206	La Plana Baixa	CASTELLÓN
12610	12126	Vall d'Uixó, la	1206	La Plana Baixa	CASTELLÓN
12660	12135	Vila-real / Villarreal	1206	La Plana Baixa	CASTELLÓN
12665	12136	Vilavella, la	1206	La Plana Baixa	CASTELLÓN
12901	12901	Alquerías del Niño Perdido	1206	La Plana Baixa	CASTELLÓN
12040	12008	Algimia de Almonacid	1207	El Alto Palancia	CASTELLÓN
12050	12010	Almedijar	1207	El Alto Palancia	CASTELLÓN
12060	12012	Altura	1207	El Alto Palancia	CASTELLÓN
12090	12018	Azuébar	1207	El Alto Palancia	CASTELLÓN
12100	12020	Barracas	1207	El Alto Palancia	CASTELLÓN
12110	12022	Bejís	1207	El Alto Palancia	CASTELLÓN
12115	12024	Benafer	1207	El Alto Palancia	CASTELLÓN
12185	12039	Castellnovo	1207	El Alto Palancia	CASTELLÓN
12200	12043	Caudiel	1207	El Alto Palancia	CASTELLÓN
12265	12056	Chóvar	1207	El Alto Palancia	CASTELLÓN
12310	12065	Gaibiel	1207	El Alto Palancia	CASTELLÓN
12320	12067	Geldo	1207	El Alto Palancia	CASTELLÓN
12330	12069	Higueras	1207	El Alto Palancia	CASTELLÓN
12340	12071	Jérica	1207	El Alto Palancia	CASTELLÓN
12365	12076	Matet	1207	El Alto Palancia	CASTELLÓN
12390	12081	Navajas	1207	El Alto Palancia	CASTELLÓN
12425	12088	Pavías	1207	El Alto Palancia	CASTELLÓN
12435	12090	Pina de Montalgrao	1207	El Alto Palancia	CASTELLÓN
12470	12097	Sacañet	1207	El Alto Palancia	CASTELLÓN
12505	12104	Segorbe	1207	El Alto Palancia	CASTELLÓN
12515	12106	Soneja	1207	El Alto Palancia	CASTELLÓN
12520	12107	Sot de Ferrer	1207	El Alto Palancia	CASTELLÓN
12535	12110	Teresa	1207	El Alto Palancia	CASTELLÓN
12555	12114	Torás	1207	El Alto Palancia	CASTELLÓN
12560	12115	Toro, El	1207	El Alto Palancia	CASTELLÓN
12605	12125	Vall de Almonacid	1207	El Alto Palancia	CASTELLÓN
12685	12140	Viver	1207	El Alto Palancia	CASTELLÓN
12065	12013	Arañuel	1208	El Alto Mijares	CASTELLÓN
12075	12015	Argelita	1208	El Alto Mijares	CASTELLÓN
12085	12017	Ayódar	1208	El Alto Mijares	CASTELLÓN
12190	12041	Castillo de Villamalefa	1208	El Alto Mijares	CASTELLÓN
12215	12046	Cirat	1208	El Alto Mijares	CASTELLÓN
12225	12048	Cortes de Arenoso	1208	El Alto Mijares	CASTELLÓN

ANEXO A. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA A LA COMUNIDAD VALENCIANA

Tabla A-VI. Relación de municipios con código, nombre, comarca y provincia de pertenencia (CONT.)

CODIGO MUNICIPIO SIG	CODIGO MUNICIPIO IVE	NOMBRE MUNICIPIO	CÓDIGO COMARCA	NOMBRE COMARCA	PROVINCIA
12275	12058	Espadilla	1208	El Alto Mijares	CASTELLÓN
12280	12059	Fanzara	1208	El Alto Mijares	CASTELLÓN
12300	12063	Fuente la Reina	1208	El Alto Mijares	CASTELLÓN
12305	12064	Fuentes de Ayódar	1208	El Alto Mijares	CASTELLÓN
12350	12073	Ludiente	1208	El Alto Mijares	CASTELLÓN
12375	12078	Montán	1208	El Alto Mijares	CASTELLÓN
12380	12079	Montanejos	1208	El Alto Mijares	CASTELLÓN
12445	12092	Puebla de Arenoso	1208	El Alto Mijares	CASTELLÓN
12550	12113	Toga	1208	El Alto Mijares	CASTELLÓN
12565	12116	Torraiba del Pinar	1208	El Alto Mijares	CASTELLÓN
12585	12118	Torrechiva	1208	El Alto Mijares	CASTELLÓN
12615	12123	Vallat	1208	El Alto Mijares	CASTELLÓN
12635	12130	Villahermosa del Río	1208	El Alto Mijares	CASTELLÓN
12640	12131	Villamalur	1208	El Alto Mijares	CASTELLÓN
12650	12133	Villanueva de Viver	1208	El Alto Mijares	CASTELLÓN
12695	12142	Zucaina	1208	El Alto Mijares	CASTELLÓN
46003	46001	Ademuz	4609	El Rincón de Ademuz	VALENCIA
46261	46087	Casas Altas	4609	El Rincón de Ademuz	VALENCIA
46264	46088	Casas Bajas	4609	El Rincón de Ademuz	VALENCIA
46276	46092	Castielfabib	4609	El Rincón de Ademuz	VALENCIA
46600	46201	Puebla de San Miguel	4609	El Rincón de Ademuz	VALENCIA
46726	46242	Torrebaja	4609	El Rincón de Ademuz	VALENCIA
46763	46252	Vallanca	4609	El Rincón de Ademuz	VALENCIA
46444	46148	Loriguilla	4610	El Camp de Túria	VALENCIA
46054	46018	Alcublas	4610	Los Serranos	VALENCIA
46108	46036	Alpuente	4610	Los Serranos	VALENCIA
46114	46038	Andilla	4610	Los Serranos	VALENCIA
46123	46041	Aras de los Olmos	4610	Los Serranos	VALENCIA
46150	46050	Benagéber	4610	Los Serranos	VALENCIA
46228	46076	Bugarra	4610	Los Serranos	VALENCIA
46237	46079	Calles	4610	Los Serranos	VALENCIA
46318	46106	Chelva	4610	Los Serranos	VALENCIA
46336	46112	Chullilla	4610	Los Serranos	VALENCIA
46342	46114	Domeño	4610	Los Serranos	VALENCIA
46399	46133	Gestalgar	4610	Los Serranos	VALENCIA
46423	46141	Higueruelas	4610	Los Serranos	VALENCIA
46447	46149	Losa del Obispo	4610	Los Serranos	VALENCIA
46573	46191	Pedralba	4610	Los Serranos	VALENCIA
46702	46234	Sot de Chera	4610	Los Serranos	VALENCIA
46723	46241	Titaguas	4610	Los Serranos	VALENCIA
46741	46247	Tuéjar	4610	Los Serranos	VALENCIA
46774	46258	Villar del Arzobispo	4610	Los Serranos	VALENCIA
46783	46262	Yesa, La	4610	Los Serranos	VALENCIA
46153	46051	Benaguasil	4611	El Camp de Túria	VALENCIA
46201	46067	Benisanó	4611	El Camp de Túria	VALENCIA
46210	46070	Bétera	4611	El Camp de Túria	VALENCIA
46267	46089	Casinos	4611	El Camp de Túria	VALENCIA
46348	46116	Eliana, l'	4611	El Camp de Túria	VALENCIA
46441	46147	Llíria	4611	El Camp de Túria	VALENCIA
46483	46161	Marines	4611	El Camp de Túria	VALENCIA
46534	46178	Náquera	4611	El Camp de Túria	VALENCIA
46546	46182	Olocau	4611	El Camp de Túria	VALENCIA
46603	46202	Pobla de Vallbona, la	4611	El Camp de Túria	VALENCIA
46642	46214	Riba-roja de Túria	4611	El Camp de Túria	VALENCIA
46684	46228	Serra	4611	El Camp de Túria	VALENCIA
46768	46256	Vilamarxant	4611	El Camp de Túria	VALENCIA
46902	46902	Gátova	4611	El Camp de Túria	VALENCIA
46903	46903	San Antonio de Benagéber	4611	El Camp de Túria	VALENCIA
46027	46010	Albalat dels Tarongers	4612	El Camp de Morvedre	VALENCIA
46072	46024	Alfara de Algimia	4612	El Camp de Morvedre	VALENCIA
46084	46028	Algar de Palancia	4612	El Camp de Morvedre	VALENCIA
46090	46030	Algimia de Alfara	4612	El Camp de Morvedre	VALENCIA
46156	46052	Benavites	4612	El Camp de Morvedre	VALENCIA
46174	46058	Benifairó de les Valls	4612	El Camp de Morvedre	VALENCIA
46246	46082	Canet d'En Berenguer	4612	El Camp de Morvedre	VALENCIA

ANEXO A. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA A LA COMUNIDAD VALENCIANA

Tabla A-VI. Relación de municipios con código, nombre, comarca y provincia de pertenencia (CONT.)

CODIGO MUNICIPIO SIG	CODIGO MUNICIPIO IVE	NOMBRE MUNICIPIO	CÓDIGO COMARCA	NOMBRE COMARCA	PROVINCIA
46303	46101	Quart de les Valls	4612	El Camp de Morvedre	VALENCIA
46309	46103	Quartell	4612	El Camp de Morvedre	VALENCIA
46360	46120	Estivella	4612	El Camp de Morvedre	VALENCIA
46366	46122	Faura	4612	El Camp de Morvedre	VALENCIA
46402	46134	Gilet	4612	El Camp de Morvedre	VALENCIA
46576	46192	Petrés	4612	El Camp de Morvedre	VALENCIA
46660	46220	Sagunt / Sagunto	4612	El Camp de Morvedre	VALENCIA
46672	46224	Segart	4612	El Camp de Morvedre	VALENCIA
46735	46245	Torres Torres	4612	El Camp de Morvedre	VALENCIA
46030	46009	Albalat dels Sorells	4613	L'Horta Nord	VALENCIA
46039	46013	Alboraya	4613	L'Horta Nord	VALENCIA
46042	46014	Albuixech	4613	L'Horta Nord	VALENCIA
46075	46025	Alfara del Patriarca	4613	L'Horta Nord	VALENCIA
46096	46032	Almàssera	4613	L'Horta Nord	VALENCIA
46222	46074	Bonrepòs i Mirambell	4613	L'Horta Nord	VALENCIA
46234	46078	Burjassot	4613	L'Horta Nord	VALENCIA
46351	46117	Emperador	4613	L'Horta Nord	VALENCIA
46378	46126	Foios	4613	L'Horta Nord	VALENCIA
46405	46135	Godella	4613	L'Horta Nord	VALENCIA
46489	46163	Massalfassar	4613	L'Horta Nord	VALENCIA
46492	46164	Massamagrell	4613	L'Horta Nord	VALENCIA
46498	46166	Meliana	4613	L'Horta Nord	VALENCIA
46513	46171	Moncada	4613	L'Horta Nord	VALENCIA
46531	46177	Museros	4613	L'Horta Nord	VALENCIA
46597	46199	Pobla de Farnals, la	4613	L'Horta Nord	VALENCIA
46612	46204	Puig	4613	L'Horta Nord	VALENCIA
46615	46205	Puçol	4613	L'Horta Nord	VALENCIA
46621	46207	Rafelbunyo / Rafelbuñol	4613	L'Horta Nord	VALENCIA
46648	46216	Rocafort	4613	L'Horta Nord	VALENCIA
46711	46237	Tavernes Blanques	4613	L'Horta Nord	VALENCIA
46777	46260	Vinalesa	4613	L'Horta Nord	VALENCIA
46015	46005	Alaquàs	4614	L'Horta Oest	VALENCIA
46063	46021	Aldaia	4614	L'Horta Oest	VALENCIA
46306	46102	Quart de Poblet	4614	L'Horta Oest	VALENCIA
46330	46110	Xirivella	4614	L'Horta Oest	VALENCIA
46477	46159	Manises	4614	L'Horta Oest	VALENCIA
46507	46169	Mislata	4614	L'Horta Oest	VALENCIA
46570	46190	Paterna	4614	L'Horta Oest	VALENCIA
46579	46193	Picanya	4614	L'Horta Oest	VALENCIA
46732	46244	Torrent	4614	L'Horta Oest	VALENCIA
46001	46250	Valencia	4615	València.	VALENCIA
46021	46007	Albal	4616	L'Horta Sud	VALENCIA
46045	46015	Alcàsser	4616	L'Horta Sud	VALENCIA
46066	46022	Alfafar	4616	L'Horta Sud	VALENCIA
46162	46054	Benetússer	4616	L'Horta Sud	VALENCIA
46195	46065	Beniparrell	4616	L'Horta Sud	VALENCIA
46282	46094	Catarroja	4616	L'Horta Sud	VALENCIA
46456	46152	Lugar Nuevo de la Corona	4616	L'Horta Sud	VALENCIA
46495	46165	Massanassa	4616	L'Horta Sud	VALENCIA
46550	46186	Païporta	4616	L'Horta Sud	VALENCIA
46582	46194	Picassent	4616	L'Horta Sud	VALENCIA
46669	46223	Sedaví	4616	L'Horta Sud	VALENCIA
46690	46230	Silla	4616	L'Horta Sud	VALENCIA
46240	46080	Camporrobles	4617	La Plana de Utiel-Requena	VALENCIA
46285	46095	Caudete de las Fuentes	4617	La Plana de Utiel-Requena	VALENCIA
46324	46108	Chera	4617	La Plana de Utiel-Requena	VALENCIA
46387	46129	Fuenterrobles	4617	La Plana de Utiel-Requena	VALENCIA
46639	46213	Requena	4617	La Plana de Utiel-Requena	VALENCIA
46696	46232	Sinarcas	4617	La Plana de Utiel-Requena	VALENCIA
46747	46249	Utiel	4617	La Plana de Utiel-Requena	VALENCIA
46759	46254	Venta del Moro	4617	La Plana de Utiel-Requena	VALENCIA
46762	46259	Villargordo del Cabriel	4617	La Plana de Utiel-Requena	VALENCIA
46036	46012	Alborache	4618	La Hoya de Buñol	VALENCIA
46231	46077	Buñol	4618	La Hoya de Buñol	VALENCIA
46327	46109	Cheste	4618	La Hoya de Buñol	VALENCIA

ANEXO A. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA A LA COMUNIDAD VALENCIANA

Tabla A-VI. Relación de municipios con código, nombre, comarca y provincia de pertenencia (CONT.)

CODIGO MUNICIPIO SIG	CODIGO MUNICIPIO IVE	NOMBRE MUNICIPIO	CÓDIGO COMARCA	NOMBRE COMARCA	PROVINCIA
46333	46111	Chiva	4618	La Hoya de Buñol	VALENCIA
46345	46115	Dos Aguas	4618	La Hoya de Buñol	VALENCIA
46408	46136	Godelleta	4618	La Hoya de Buñol	VALENCIA
46474	46158	Macastre	4618	La Hoya de Buñol	VALENCIA
46687	46229	Siete Aguas	4618	La Hoya de Buñol	VALENCIA
46780	46261	Yátova	4618	La Hoya de Buñol	VALENCIA
46132	46044	Ayora	4619	El Valle de Cofrentes-Ayora	VALENCIA
46291	46097	Cofrentes	4619	El Valle de Cofrentes-Ayora	VALENCIA
46297	46099	Cortes de Pallás	4619	El Valle de Cofrentes-Ayora	VALENCIA
46426	46142	Jalance	4619	El Valle de Cofrentes-Ayora	VALENCIA
46432	46144	Jarafuel	4619	El Valle de Cofrentes-Ayora	VALENCIA
46717	46239	Teresa de Cofrentes	4619	El Valle de Cofrentes-Ayora	VALENCIA
46786	46263	Zarra	4619	El Valle de Cofrentes-Ayora	VALENCIA
46033	46011	Alberic	4620	La Ribera Alta	VALENCIA
46048	46016	Alcàntera de Xúquer	4620	La Ribera Alta	VALENCIA
46051	46017	Alzira	4620	La Ribera Alta	VALENCIA
46057	46019	Alcúdia, l'	4620	La Ribera Alta	VALENCIA
46078	46026	Alfarp	4620	La Ribera Alta	VALENCIA
46087	46029	Algemesí	4620	La Ribera Alta	VALENCIA
46093	46031	Alginet	4620	La Ribera Alta	VALENCIA
46120	46040	Antella	4620	La Ribera Alta	VALENCIA
46159	46053	Beneixida	4620	La Ribera Alta	VALENCIA
46180	46060	Benifaió	4620	La Ribera Alta	VALENCIA
46189	46063	Benimodo	4620	La Ribera Alta	VALENCIA
46192	46064	Benimuslem	4620	La Ribera Alta	VALENCIA
46249	46083	Carcaixent	4620	La Ribera Alta	VALENCIA
46252	46084	Càrcer	4620	La Ribera Alta	VALENCIA
46255	46085	Carlet	4620	La Ribera Alta	VALENCIA
46279	46093	Catadau	4620	La Ribera Alta	VALENCIA
46300	46100	Cotes	4620	La Ribera Alta	VALENCIA
46357	46119	Énova, l'	4620	La Ribera Alta	VALENCIA
46390	46130	Gavarda	4620	La Ribera Alta	VALENCIA
46417	46139	Guadassuar	4620	La Ribera Alta	VALENCIA
46468	46156	Llombai	4620	La Ribera Alta	VALENCIA
46480	46160	Manuel	4620	La Ribera Alta	VALENCIA
46486	46162	Masalavés	4620	La Ribera Alta	VALENCIA
46516	46172	Monserrat	4620	La Ribera Alta	VALENCIA
46528	46176	Montroy	4620	La Ribera Alta	VALENCIA
46609	46203	Pobla Llarga, la	4620	La Ribera Alta	VALENCIA
46627	46209	Rafelguaraf	4620	La Ribera Alta	VALENCIA
46636	46212	Real de Montroi	4620	La Ribera Alta	VALENCIA
46666	46222	San Juan de Énova	4620	La Ribera Alta	VALENCIA
46675	46225	Sellent	4620	La Ribera Alta	VALENCIA
46681	46227	Senyera	4620	La Ribera Alta	VALENCIA
46708	46236	Sumacàrcer	4620	La Ribera Alta	VALENCIA
46738	46246	Tous	4620	La Ribera Alta	VALENCIA
46744	46248	Turís	4620	La Ribera Alta	VALENCIA
46771	46257	Villanueva de Castellón	4620	La Ribera Alta	VALENCIA
46024	46008	Albalat de la Ribera	4621	La Ribera Baixa	VALENCIA
46105	46035	Almussafes	4621	La Ribera Baixa	VALENCIA
46294	46098	Corbera	4621	La Ribera Baixa	VALENCIA
46315	46105	Cullera	4621	La Ribera Baixa	VALENCIA
46369	46123	Favara	4621	La Ribera Baixa	VALENCIA
46375	46125	Fortaleny	4621	La Ribera Baixa	VALENCIA
46465	46155	Llaurí	4621	La Ribera Baixa	VALENCIA
46591	46197	Polinyà de Xúquer	4621	La Ribera Baixa	VALENCIA
46645	46215	Riola	4621	La Ribera Baixa	VALENCIA
46699	46233	Sollana	4621	La Ribera Baixa	VALENCIA
46705	46235	Sueca	4621	La Ribera Baixa	VALENCIA
46999	46904	Benicull de Xúquer	4621	La Ribera Alta	VALENCIA
46117	46039	Anna	4622	La Canal de Navarrés	VALENCIA
46213	46071	Bicorp	4622	La Canal de Navarrés	VALENCIA
46219	46073	Bolbaite	4622	La Canal de Navarrés	VALENCIA
46321	46107	Chella	4622	La Canal de Navarrés	VALENCIA
46354	46118	Enguera	4622	La Canal de Navarrés	VALENCIA

ANEXO A. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA A LA COMUNIDAD VALENCIANA

Tabla A-VI. Relación de municipios con código, nombre, comarca y provincia de pertenencia (CONT.)

CODIGO MUNICIPIO SIG	CODIGO MUNICIPIO IVE	NOMBRE MUNICIPIO	CÓDIGO COMARCA	NOMBRE COMARCA	PROVINCIA
46501	46167	Millares	4622	La Canal de Navarrés	VALENCIA
46537	46179	Navarrés	4622	La Canal de Navarrés	VALENCIA
46618	46206	Quesa	4622	La Canal de Navarrés	VALENCIA
46060	46020	Alcúdia de Crespins, l'	4623	La Costera	VALENCIA
46135	46045	Barxeta	4623	La Costera	VALENCIA
46243	46081	Canals	4623	La Costera	VALENCIA
46288	46096	Cerdà	4623	La Costera	VALENCIA
46363	46121	Estubeny	4623	La Costera	VALENCIA
46384	46128	Font de la Figuera, la	4623	La Costera	VALENCIA
46396	46132	Genovés	4623	La Costera	VALENCIA
46411	46137	Granja de la Costera, la	4623	La Costera	VALENCIA
46435	46145	Xàtiva	4623	La Costera	VALENCIA
46453	46151	Llocnou d'En Fenollet	4623	La Costera	VALENCIA
46462	46154	Llanera de Ranes	4623	La Costera	VALENCIA
46471	46157	Llosa de Ranes, la	4623	La Costera	VALENCIA
46510	46170	Moixent / Mogente	4623	La Costera	VALENCIA
46522	46174	Montesa	4623	La Costera	VALENCIA
46540	46180	Novetè / Novelé	4623	La Costera	VALENCIA
46651	46217	Rotglà i Corberà	4623	La Costera	VALENCIA
46729	46243	Torrella	4623	La Costera	VALENCIA
46750	46251	Vallada	4623	La Costera	VALENCIA
46756	46253	Vallés	4623	La Costera	VALENCIA
46009	46003	Atzeneta d'Albaida	4624	La Vall d'Albaida	VALENCIA
46012	46004	Agullent	4624	La Vall d'Albaida	VALENCIA
46018	46006	Albaida	4624	La Vall d'Albaida	VALENCIA
46081	46027	Alfarrasí	4624	La Vall d'Albaida	VALENCIA
46126	46042	Aielo de Malferit	4624	La Vall d'Albaida	VALENCIA
46129	46043	Aielo de Rugat	4624	La Vall d'Albaida	VALENCIA
46141	46047	Bèlgida	4624	La Vall d'Albaida	VALENCIA
46147	46049	Bellús	4624	La Vall d'Albaida	VALENCIA
46168	46056	Beniatjar	4624	La Vall d'Albaida	VALENCIA
46171	46057	Benicolet	4624	La Vall d'Albaida	VALENCIA
46186	46062	Benigànim	4624	La Vall d'Albaida	VALENCIA
46204	46068	Benissoda	4624	La Vall d'Albaida	VALENCIA
46207	46069	Benisuera	4624	La Vall d'Albaida	VALENCIA
46216	46072	Bocairent	4624	La Vall d'Albaida	VALENCIA
46225	46075	Bufali	4624	La Vall d'Albaida	VALENCIA
46258	46086	Carrícola	4624	La Vall d'Albaida	VALENCIA
46270	46090	Castelló de Rugat	4624	La Vall d'Albaida	VALENCIA
46312	46104	Quatretonda	4624	La Vall d'Albaida	VALENCIA
46372	46124	Fontanars dels Alforins	4624	La Vall d'Albaida	VALENCIA
46414	46138	Guadasequies	4624	La Vall d'Albaida	VALENCIA
46450	46150	Llútxent	4624	La Vall d'Albaida	VALENCIA
46519	46173	Montaverner	4624	La Vall d'Albaida	VALENCIA
46525	46175	Montichelvo	4624	La Vall d'Albaida	VALENCIA
46549	46148	Olleria, l'	4624	La Vall d'Albaida	VALENCIA
46552	46184	Ontinyent	4624	La Vall d'Albaida	VALENCIA
46555	46185	Otos	4624	La Vall d'Albaida	VALENCIA
46567	46189	Palomar, el	4624	La Vall d'Albaida	VALENCIA
46588	46196	Pinet	4624	La Vall d'Albaida	VALENCIA
46606	46200	Pobla del Duc, la	4624	La Vall d'Albaida	VALENCIA
46630	46210	Ràfol de Salem	4624	La Vall d'Albaida	VALENCIA
46657	46219	Rugat	4624	La Vall d'Albaida	VALENCIA
46663	46221	Salem	4624	La Vall d'Albaida	VALENCIA
46678	46226	Sempere	4624	La Vall d'Albaida	VALENCIA
46720	46240	Terrateig	4624	La Vall d'Albaida	VALENCIA
46006	46002	Ador	4625	La Safor	VALENCIA
46069	46023	Alfauir	4625	La Safor	VALENCIA
46099	46033	Almiserà	4625	La Safor	VALENCIA
46102	46034	Almoines	4625	La Safor	VALENCIA
46111	46037	Alqueria de la Comtessa, l'	4625	La Safor	VALENCIA
46138	46046	Barx	4625	La Safor	VALENCIA
46144	46048	Bellreguard	4625	La Safor	VALENCIA
46165	46055	Beniarjó	4625	La Safor	VALENCIA
46177	46059	Benifairó de la Valldigna	4625	La Safor	VALENCIA

ANEXO A. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA A LA COMUNIDAD VALENCIANA

Tabla A-VI. Relación de municipios con código, nombre, comarca y provincia de pertenencia (CONT.)

CODIGO MUNICIPIO SIG	CODIGO MUNICIPIO IVE	NOMBRE MUNICIPIO	CÓDIGO COMARCA	NOMBRE COMARCA	PROVINCIA
46183	46061	Beniflá	4625	La Safor	VALENCIA
46198	46066	Benirredrà	4625	La Safor	VALENCIA
46273	46091	Castellonet de la Conquesta	4625	La Safor	VALENCIA
46339	46113	Daimús	4625	La Safor	VALENCIA
46381	46127	Font d'En Carròs, la	4625	La Safor	VALENCIA
46393	46131	Gandia	4625	La Safor	VALENCIA
46420	46140	Guardamar de la Safor	4625	La Safor	VALENCIA
46429	46143	Xeraco	4625	La Safor	VALENCIA
46438	46146	Xeresa	4625	La Safor	VALENCIA
46459	46153	Llocnou de Sant Jeroni	4625	La Safor	VALENCIA
46504	46168	Miramar	4625	La Safor	VALENCIA
46543	46181	Oliva	4625	La Safor	VALENCIA
46561	46187	Palma de Gandia	4625	La Safor	VALENCIA
46564	46188	Palmera	4625	La Safor	VALENCIA
46585	46195	Piles	4625	La Safor	VALENCIA
46594	46198	Potries	4625	La Safor	VALENCIA
46624	46208	Rafelcofer	4625	La Safor	VALENCIA
46633	46211	Real de Gandia	4625	La Safor	VALENCIA
46654	46218	Rótova	4625	La Safor	VALENCIA
46693	46231	Simat de la Valdigna	4625	La Safor	VALENCIA
46714	46238	Tavernes de la Valdigna	4625	La Safor	VALENCIA
46765	46255	Villalonga	4625	La Safor	VALENCIA

## ANEXO B

---

### RESULTADOS DEL PROYECTO BIOVAL. CARTOGRAFÍA DE APOYO

---

En este anexo se han incluido los mapas de las comarcas analizadas en esta tesis. Como cartografía de apoyo se han seleccionado los mapas obtenidos en el proyecto BIOVAL<sup>22</sup> para identificar las mejores ubicaciones para plantas de biomasa. De todas las posibles ubicaciones se muestran como puntos negros los veinte cuadrantes de 1 km<sup>2</sup> con menores costes de transporte.

En primer lugar se mostrará un mapa de la Comunidad Valenciana con las divisiones territoriales consideradas en esta tesis (Figura B-36 Comarcas del País Valenciano). Dichas divisiones son como consecuencia del Decreto del Gobierno Valenciano núm. 170 de 28 de octubre de 1985, que hizo que en 1987 se publicara una propuesta oficial de Demarcaciones Territoriales Homologadas (DTH) de tres grados. Actualmente estas demarcaciones se están utilizando como referencia para la descentralización administrativa de los diferentes servicios prestados por la Generalidad Valenciana, como la educación, la sanidad, o la agricultura.

---

<sup>22</sup> Optimización del Aprovechamiento Energético de los Recursos Biomásicos en la Comunidad Valenciana (proyecto BIOVAL) 2005 – 2007, financiado por IMPIVA (Generalitat Valenciana) y fondos FEDER.

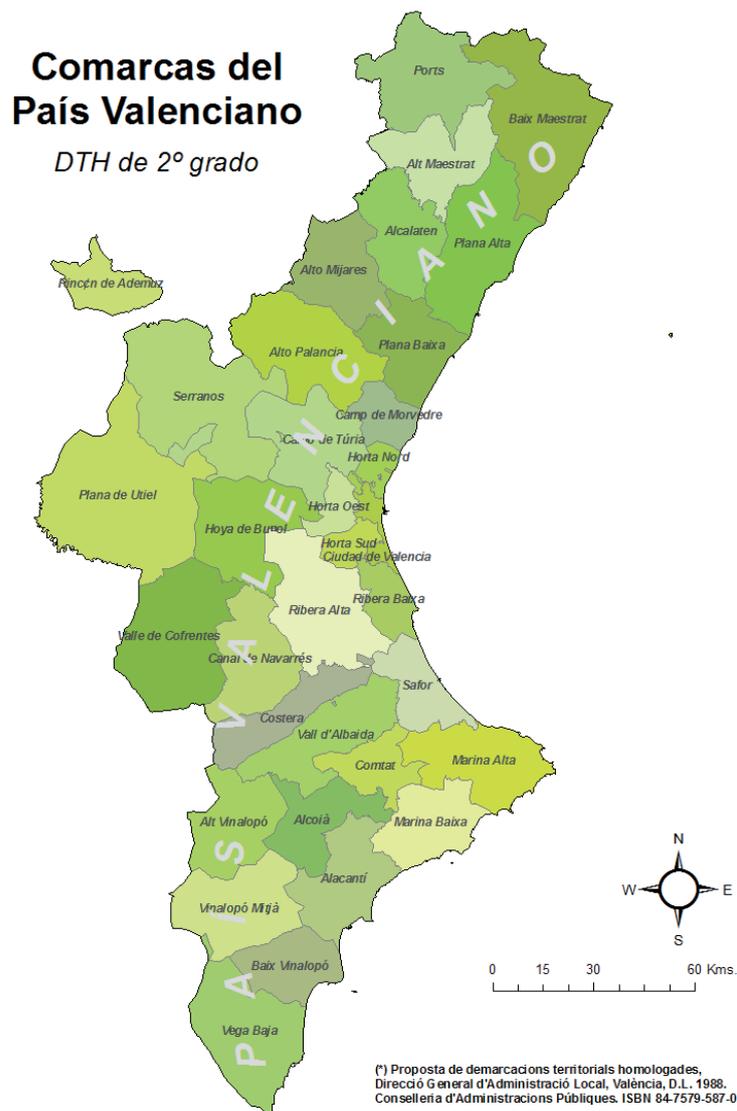


Figura B-36 Comarcas del País Valenciano

**B.1.- Comarcas de la provincia de VALENCIA**

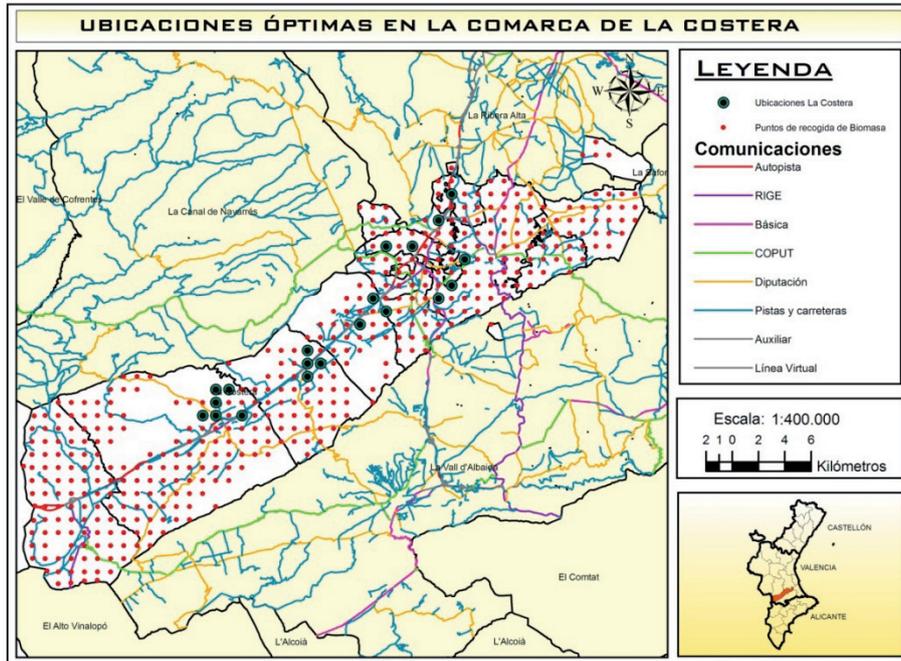


Figura B-37 Comarca de la Costera

ANEXO B. RESULTADOS DEL PROYECTO BIOVAL. CARTOGRAFÍA DE APOYO

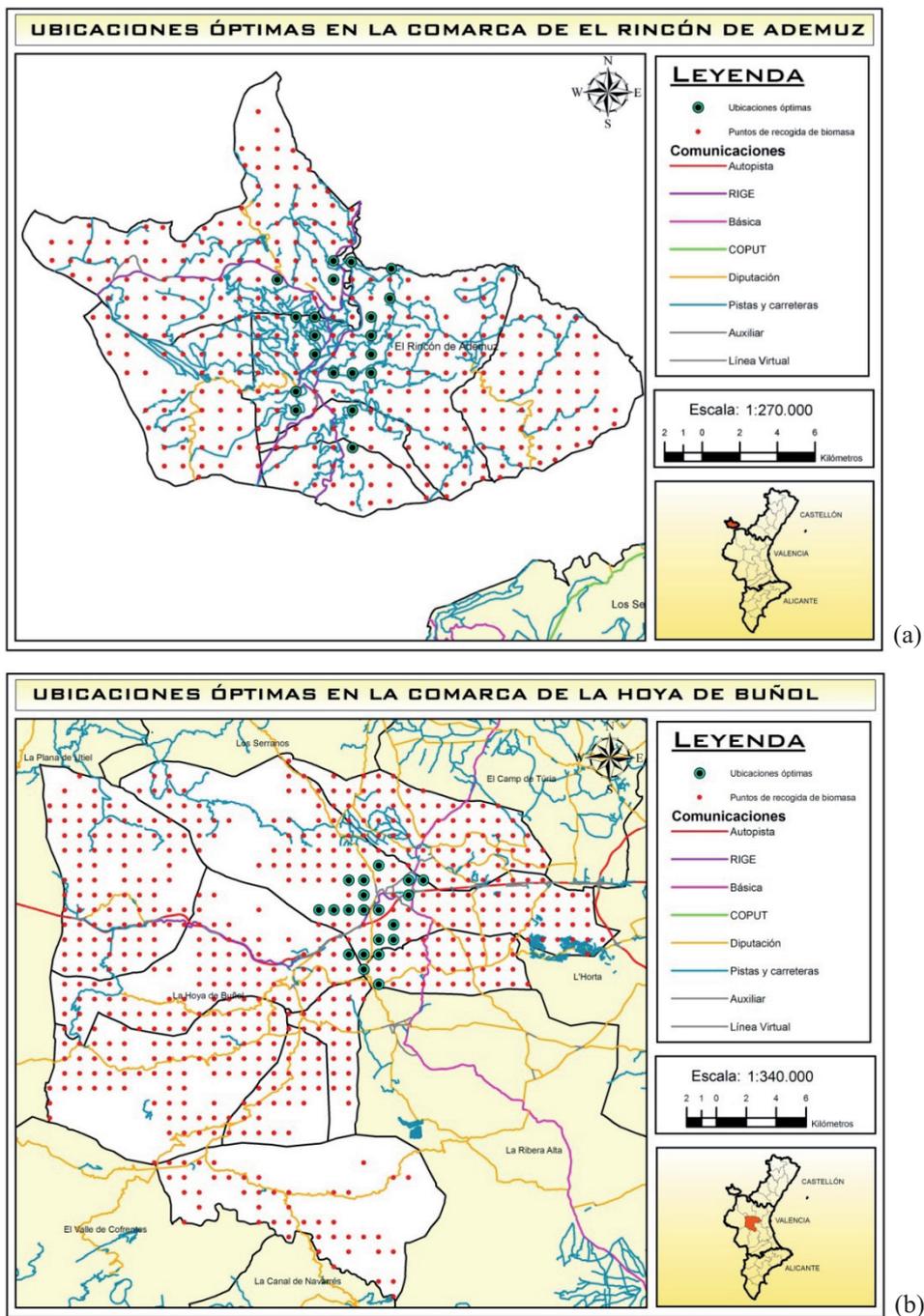


Figura B-38 Comarcas de El Rincon de Ademuz (a) y La Hoya de Buñol (b)

ANEXO B. RESULTADOS DEL PROYECTO BIOVAL. CARTOGRAFÍA DE APOYO

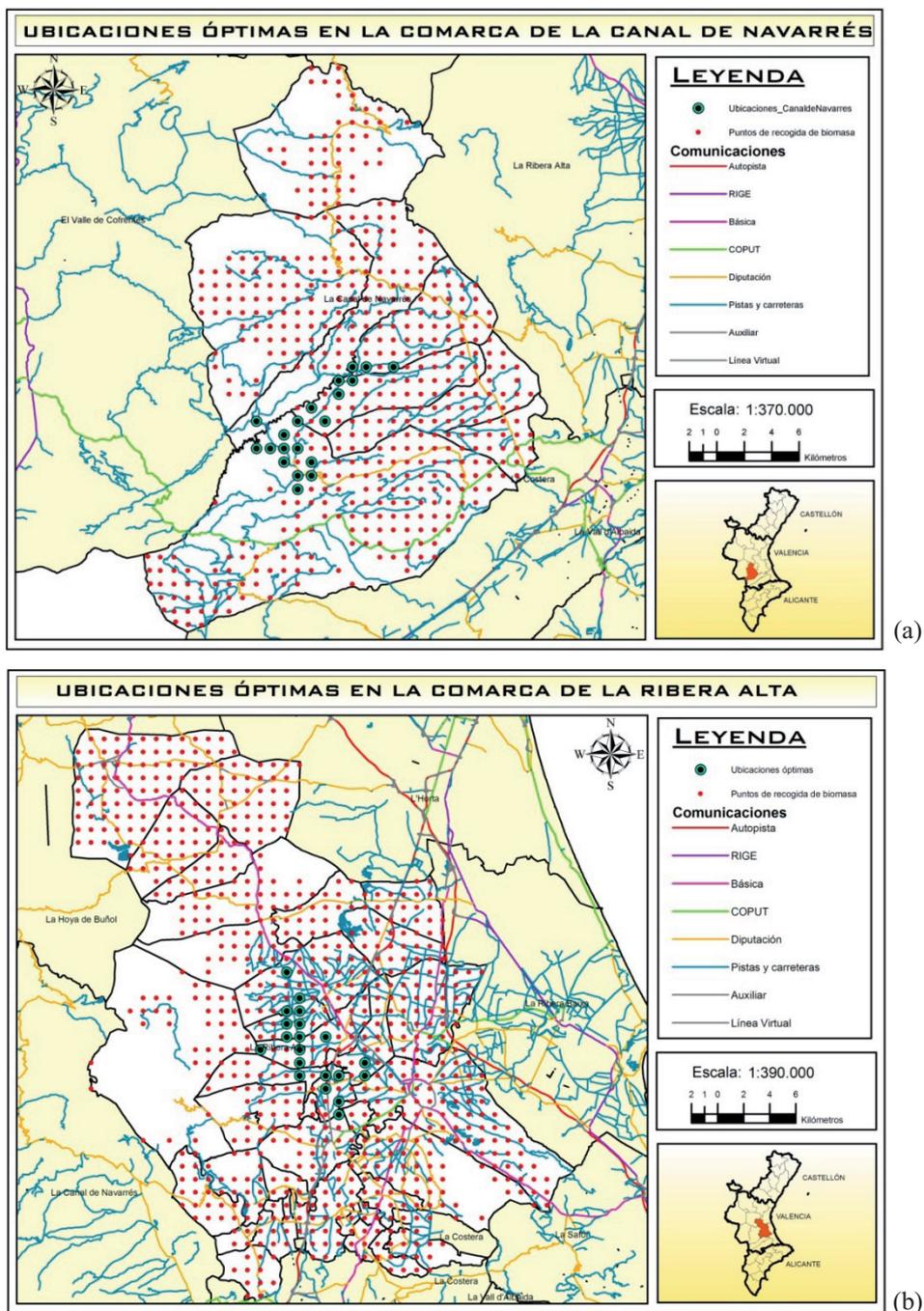


Figura B-39 Comarcas de La Canal de Navarrés (a) y La Ribera Alta (b)

ANEXO B. RESULTADOS DEL PROYECTO BIOVAL. CARTOGRAFÍA DE APOYO

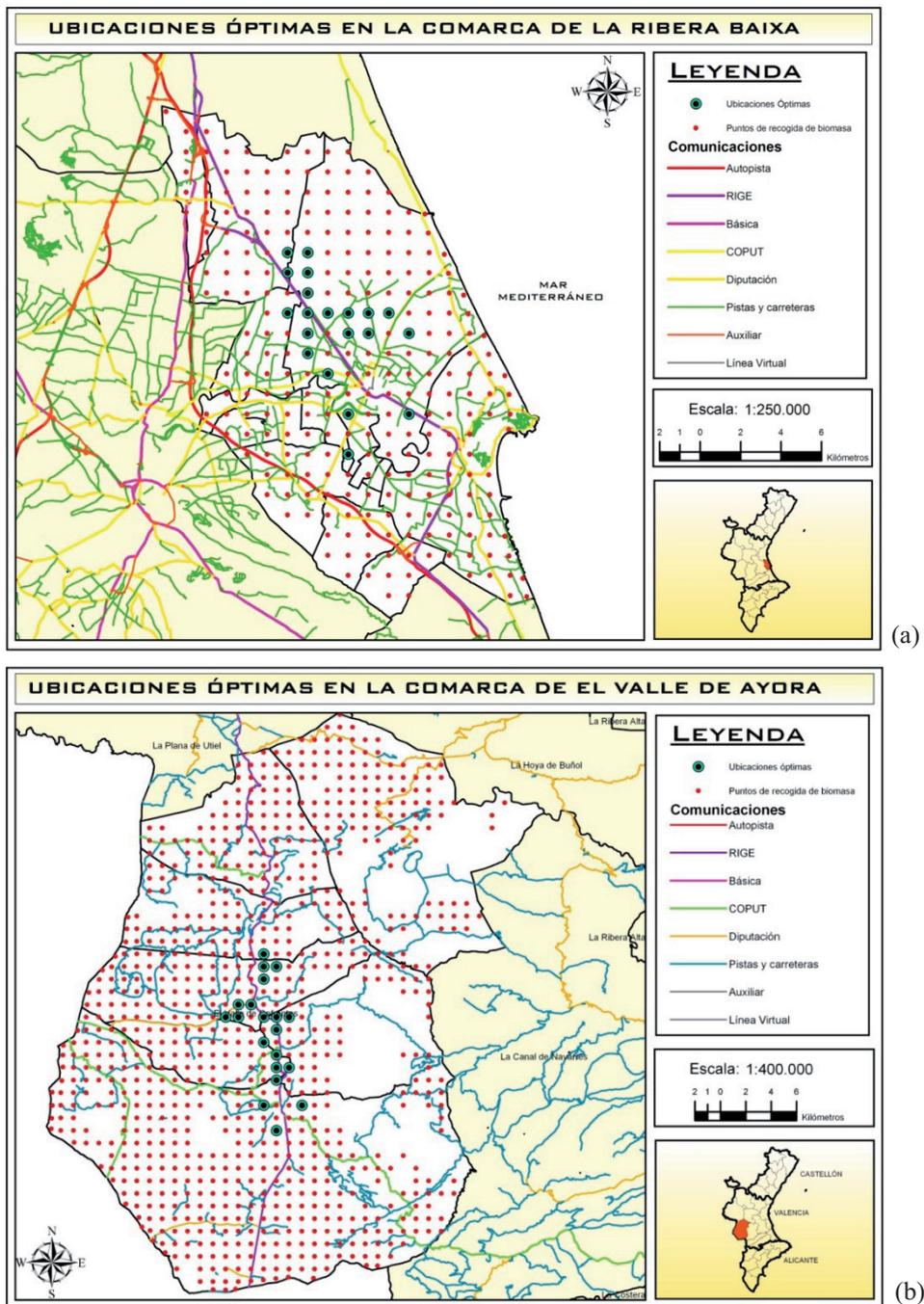


Figura B-40 Comarcas de La Ribera Baixa(a) y El Valle de Ayora (b)

ANEXO B. RESULTADOS DEL PROYECTO BIOVAL. CARTOGRAFÍA DE APOYO

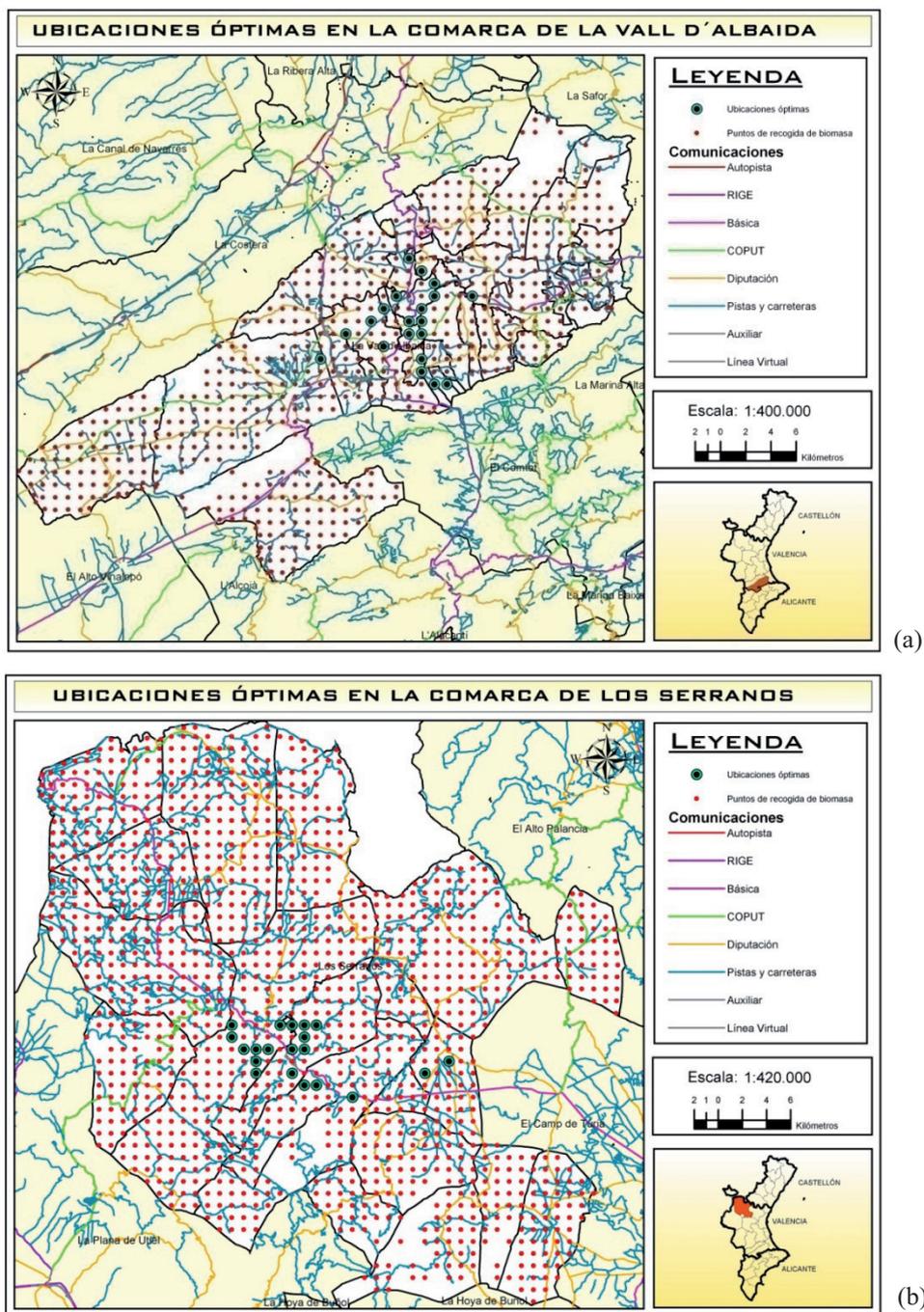


Figura B-41 Comarcas de La Vall D'Albaida (a) y Los Serranos (b)

ANEXO B. RESULTADOS DEL PROYECTO BIOVAL. CARTOGRAFÍA DE APOYO

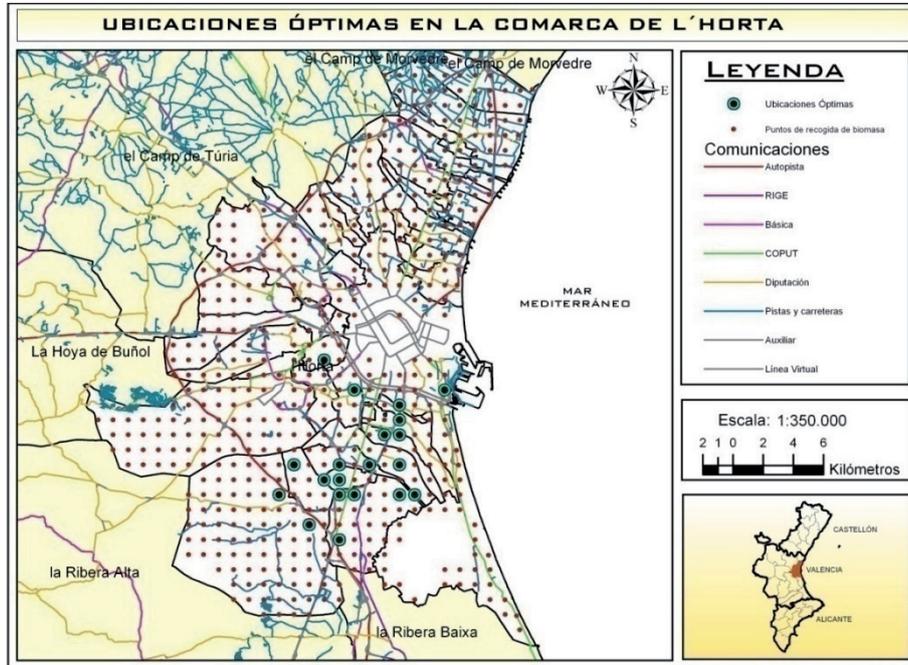


Figura B-42 Comarca de L'Horta

**B.2.- Comarcas de la provincia de ALICANTE**

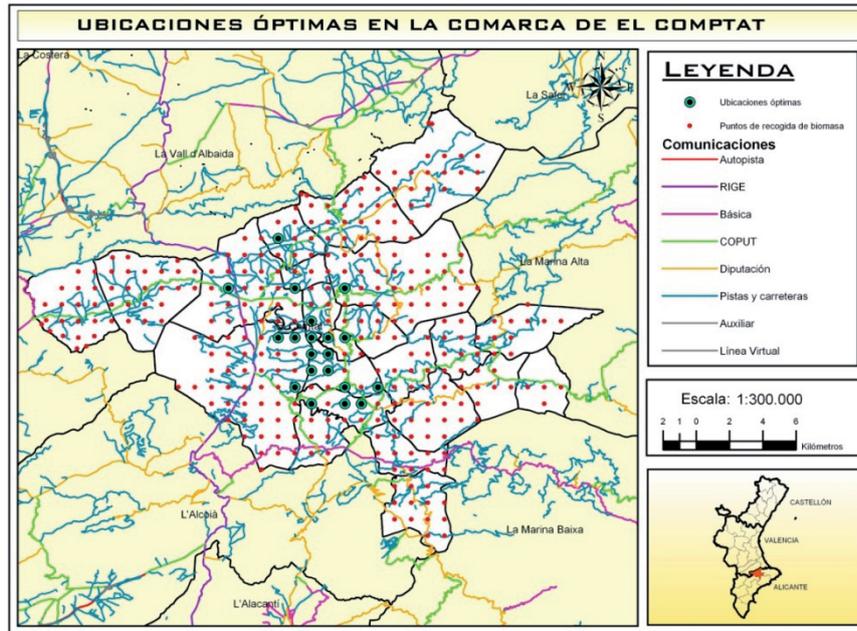


Figura B-43 Comarca de El Comptat

ANEXO B. RESULTADOS DEL PROYECTO BIOVAL. CARTOGRAFÍA DE APOYO

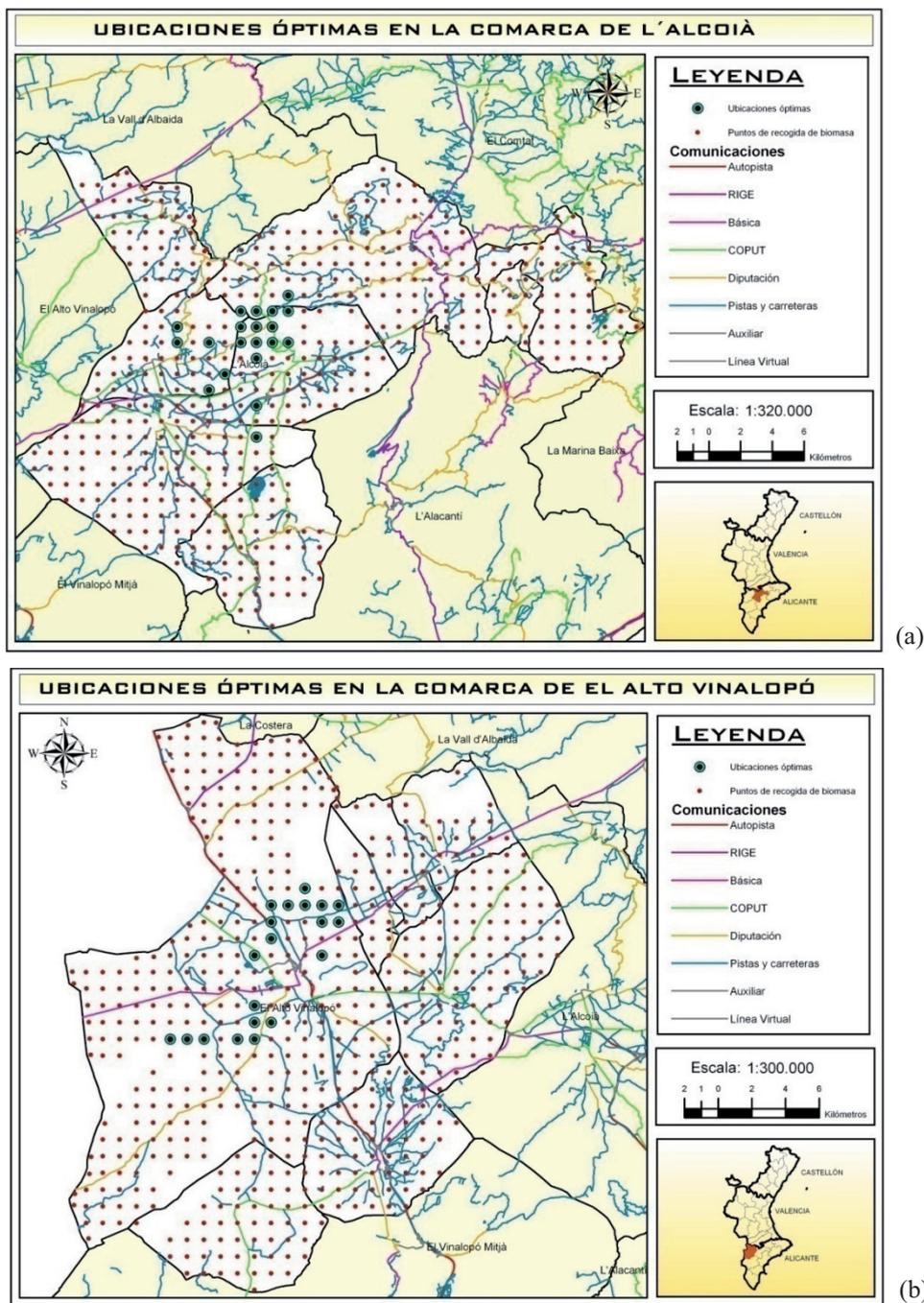
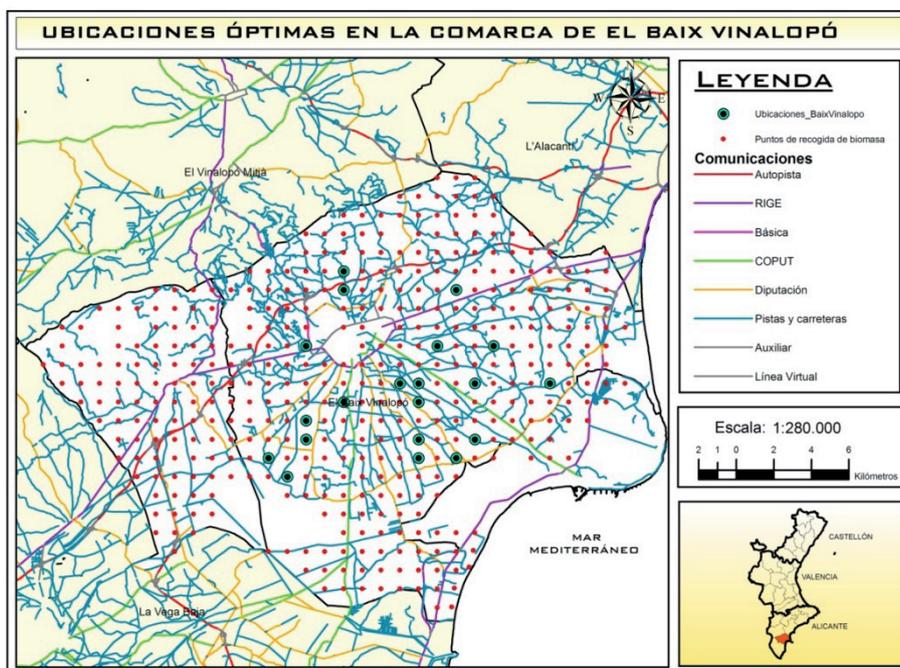
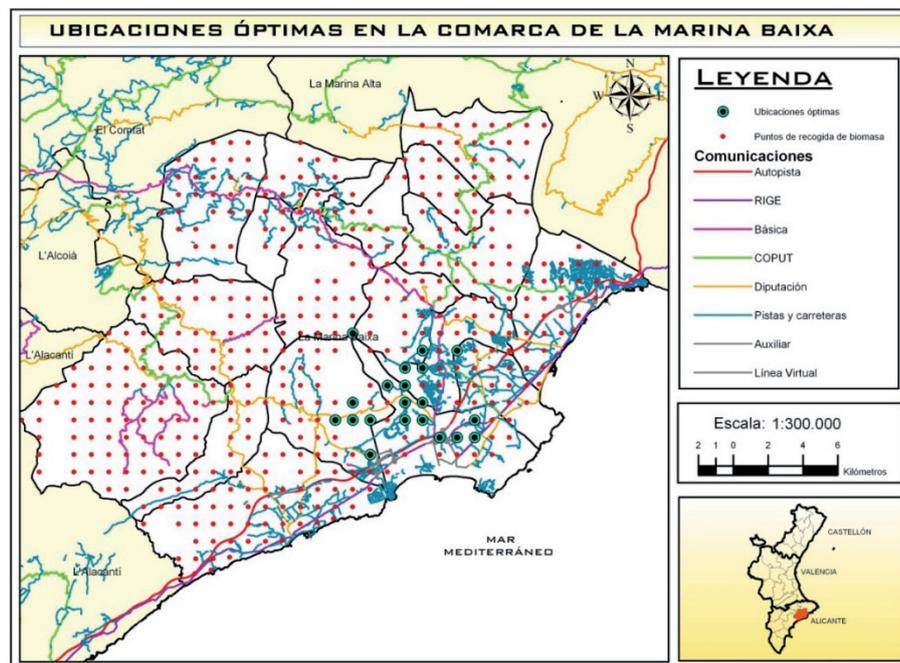


Figura B-44 Comarcas de L'Alcoià (a) y El Alto Vinalopó (b)

ANEXO B. RESULTADOS DEL PROYECTO BIOVAL. CARTOGRAFÍA DE APOYO



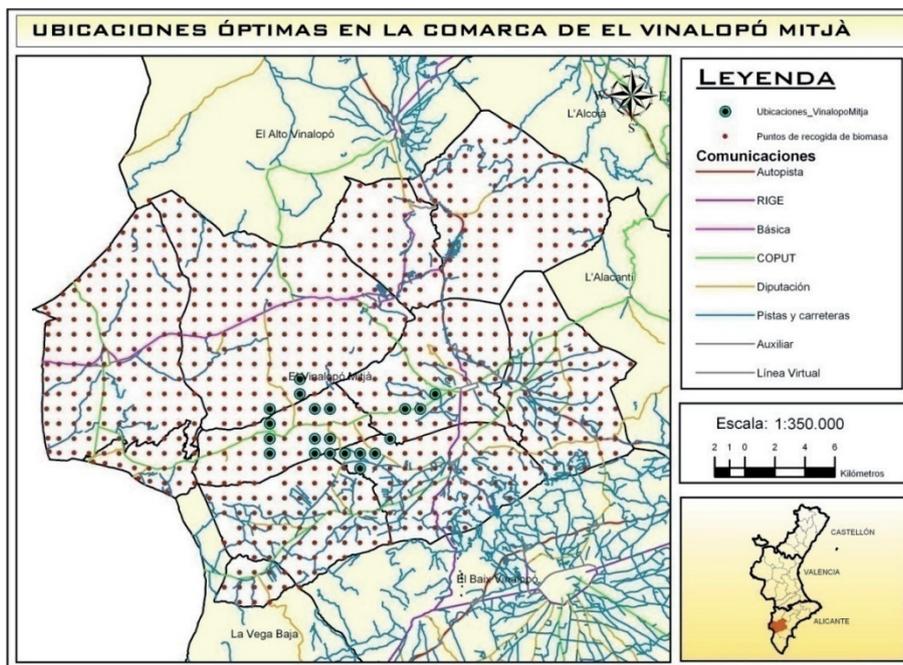
(a)



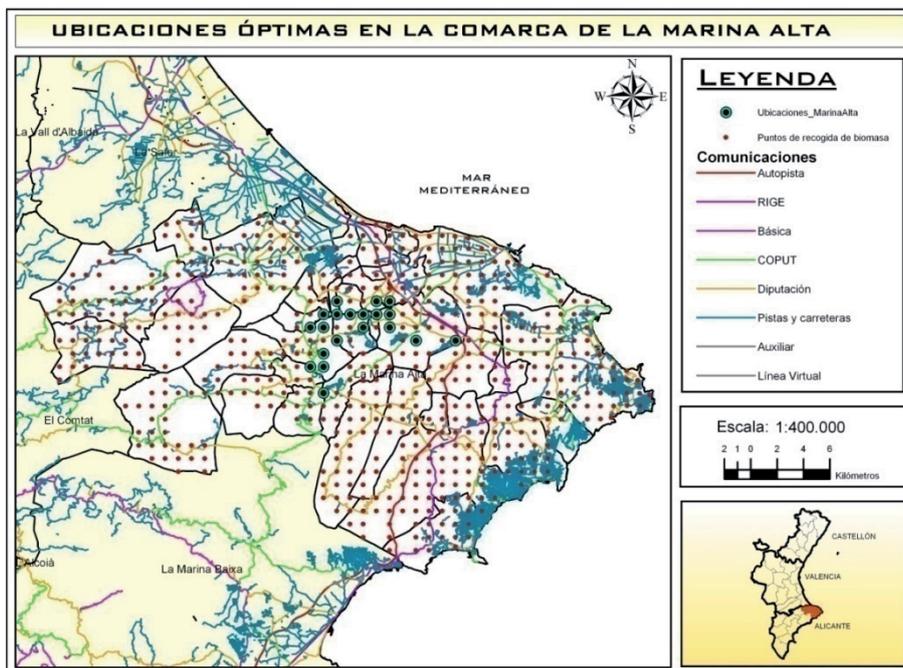
(b)

Figura B-45 Comarcas de El Baix Vinalopó (a) y La Marina Baixa (b)

ANEXO B. RESULTADOS DEL PROYECTO BIOVAL. CARTOGRAFÍA DE APOYO



(a)



(b)

Figura B-46 Comarcas de El Vinalopó Mitja (a) y La Marina Alta (b)

ANEXO B. RESULTADOS DEL PROYECTO BIOVAL. CARTOGRAFÍA DE APOYO

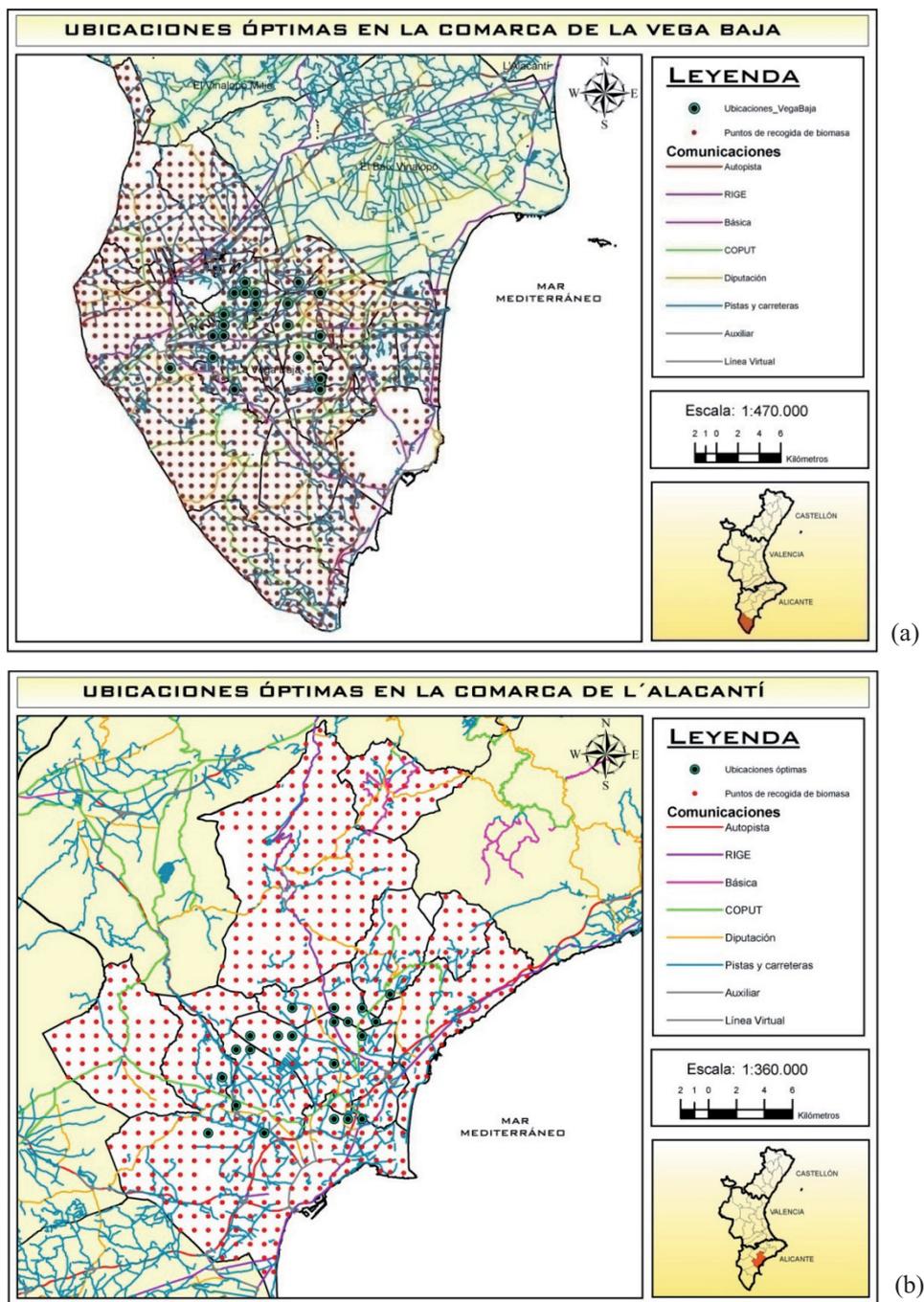


Figura B-47 Comarcas de La Vega Baja (a) y L'Alacantí (b)



**B.3.- Comarcas de la provincia de CASTELLÓN**

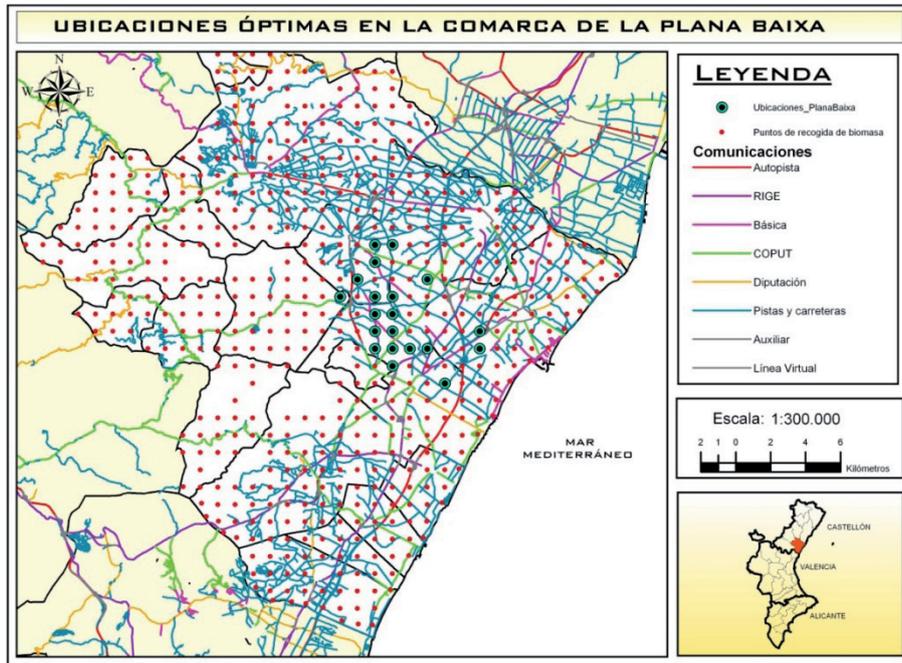


Figura B-48 Comarca de La Plana Baixa

ANEXO B. RESULTADOS DEL PROYECTO BIOVAL. CARTOGRAFÍA DE APOYO

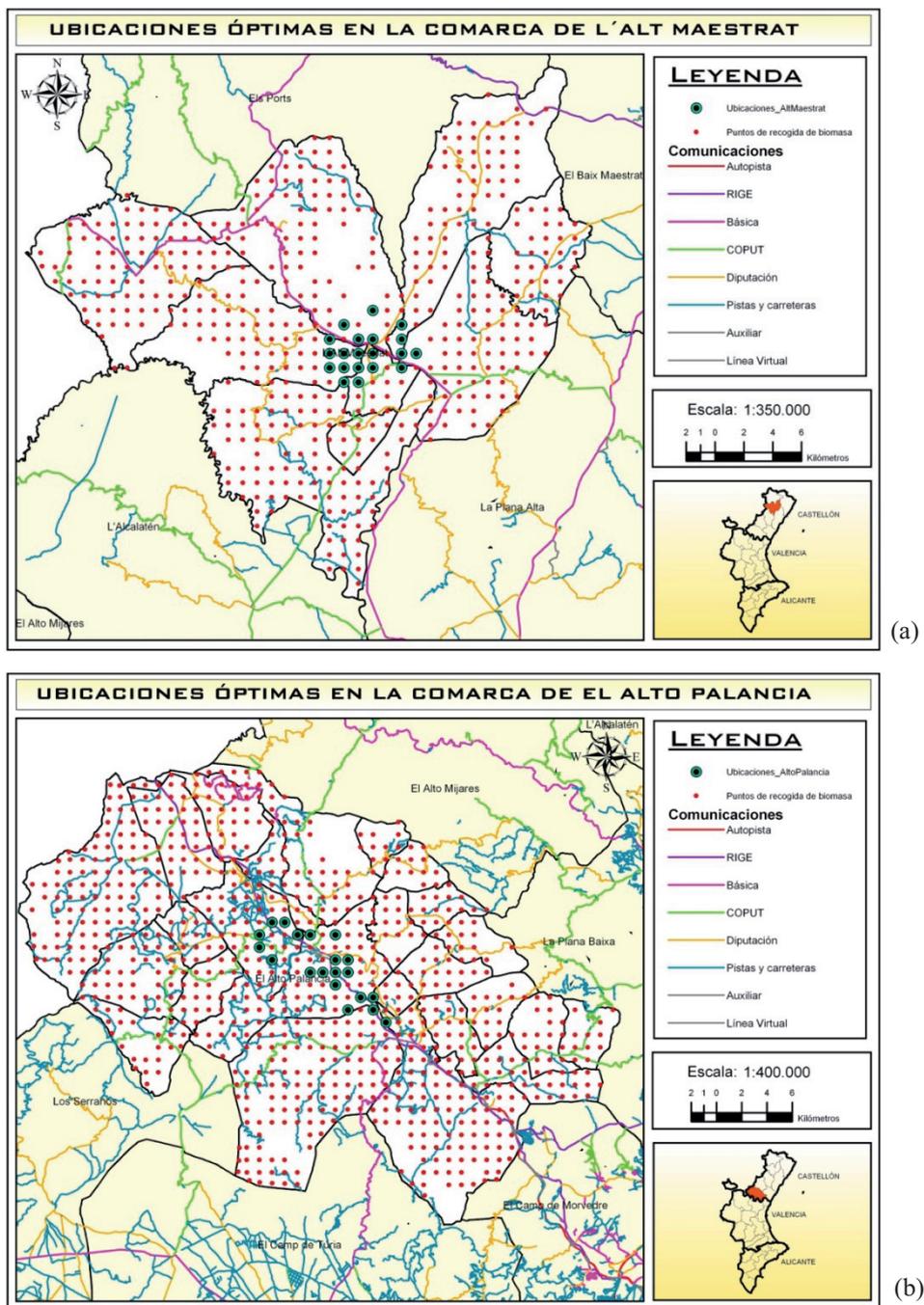


Figura B-49 Comarcas de L'Alt Maestrat (a) y El Alto Palancia (b)

ANEXO B. RESULTADOS DEL PROYECTO BIOVAL. CARTOGRAFÍA DE APOYO

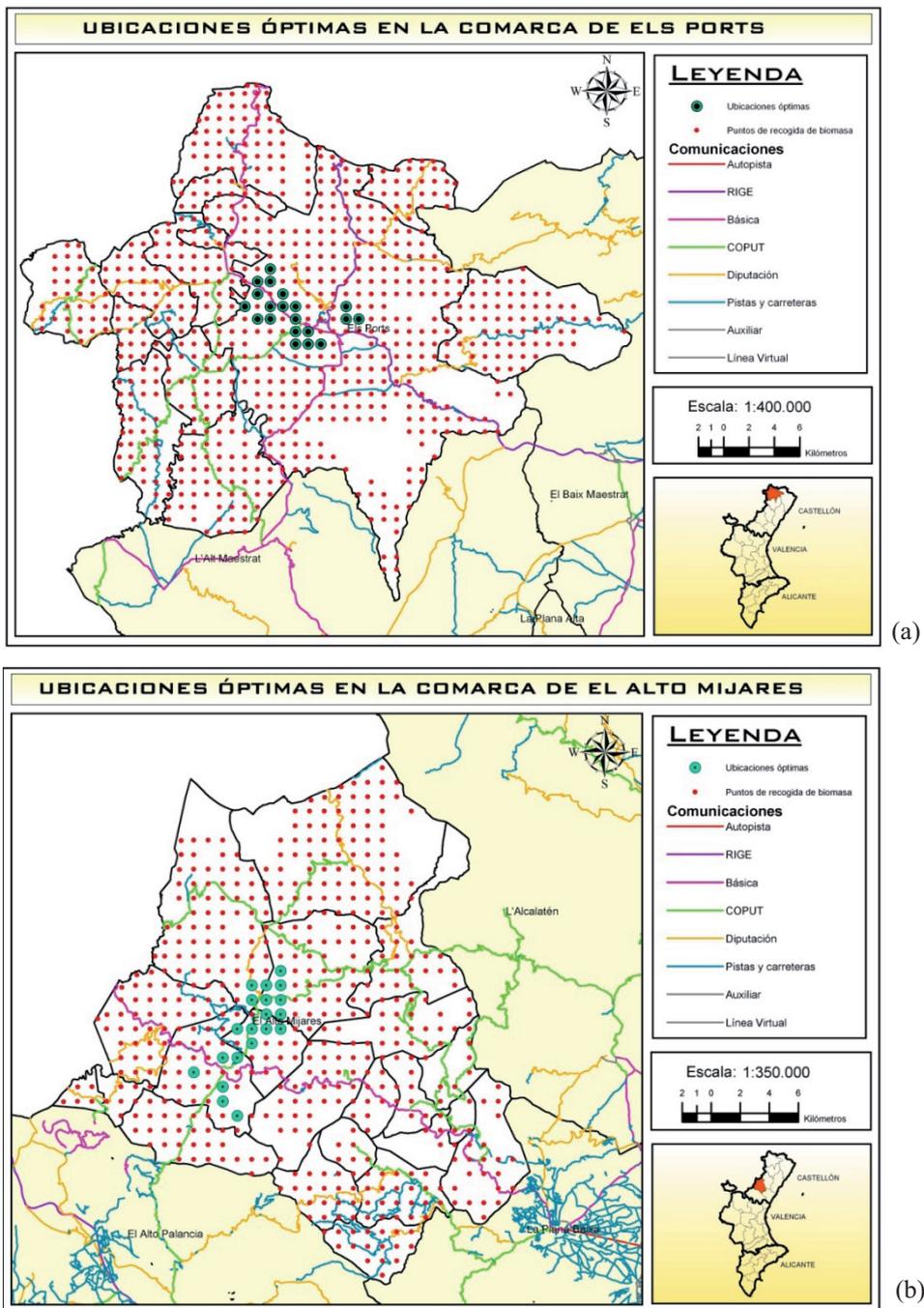


Figura B-50 Comarcas de Els Ports (a) y El Alto Mijares (b)

ANEXO B. RESULTADOS DEL PROYECTO BIOVAL. CARTOGRAFÍA DE APOYO

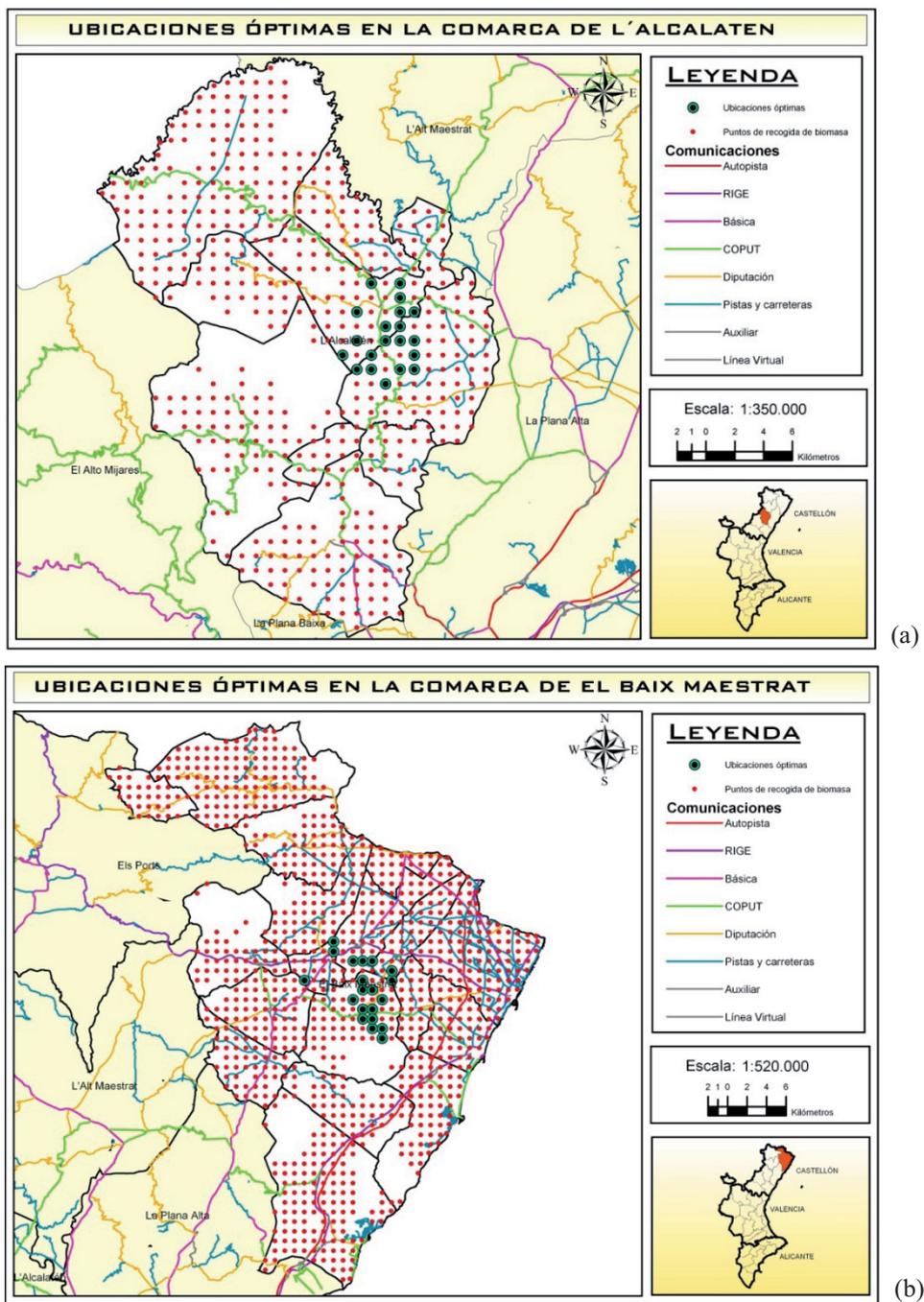


Figura B-51 Comarcas de L'Alcalaten (a) y El Baix Maestrat (b)

ANEXO B. RESULTADOS DEL PROYECTO BIOVAL. CARTOGRAFÍA DE APOYO

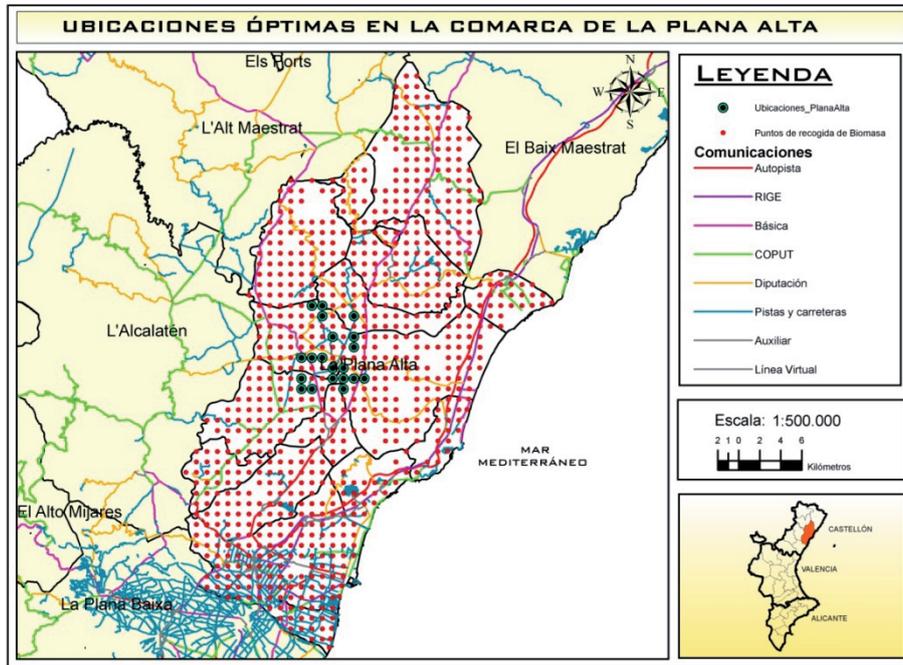


Figura B-52 Comarca de la Plana Alta

