

Generación de Energía a Partir de Residuos Olivícolas

Moreno, Valeria K. *, Coggiola, Mauricio E., Spahr, Daniel A.

*Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba
Maestro M. Lopez esq. Cruz Roja Argentina, N°S/N, C P X5016ZAA, Córdoba Capital, Argentina
valeriakmoreno@gmail.com*

RESUMEN

La industria olivícola en la Provincia de Córdoba genera anualmente miles de toneladas de residuos, que, por falta de tratamiento, crean problemas ambientales. Estos provienen de la poda de los árboles, la elaboración de aceitunas de mesa, y la elaboración de aceite de oliva. El principal objetivo del proyecto fue evaluar la factibilidad ambiental, técnica y económica del aprovechamiento de dichos residuos para la generación de energía.

Se determinó a Cruz del Eje e Ischilín como zona de estudio, se evaluó la viabilidad de instalar una central de cogeneración mediante gasificación, la cual se ubicaría en el predio de la mayor almazara, abastecería sus necesidades energéticas, y generaría un excedente que podría ser vendido a la red de distribución eléctrica. Sin embargo, el proyecto resultó inviable desde el punto de vista económico, debido a la necesidad de importar los equipos, por el poco desarrollo local que tenía esta tecnología hasta 2009.

Se realizaron propuestas para la consecución de los estudios, siguiendo otras líneas de acción, y trasladando el estudio a La Rioja, por poseer mayor producción olivícola.

Se constituyó un grupo de investigación interfacultades UTN, Facultad Regional Córdoba y La Rioja, cuyas principales características son:

HIPÓTESIS: El aprovechamiento de los residuos del olivar en la generación de energía térmica resulta la alternativa energética más económica, presenta ventajas ambientales con respecto a los aprovechamientos no energéticos, y contribuiría a mejorar el perfil productor del sector.

OBJETIVO GENERAL: Evaluar la alternativa más económica y ambientalmente sostenible del aprovechamiento de residuos olivícolas, generando un Modelo Estándar de Proceso aplicable a industrias del sector.

CONSECUENCIAS ESPERADAS:

Descentralizar el sistema de generación eléctrica, abasteciendo a regiones excluidas del mismo.

Beneficios ambientales, aprovechando toneladas de biomasa.

Beneficios sociales, como la creación de empleos para su implementación y puesta en funcionamiento.

Palabras Clave: biomasa, olivícola, energía, orujo, gasificación.

1. INTRODUCCIÓN

“La biomasa obtenida de un modo sustentable para uso en sistemas descentralizados de generación de calor y electricidad, es parte de la solución para combatir el cambio climático global. Sin embargo, la bioenergía no es una solución mágica para alcanzar un futuro energético sostenible y tiene que ser usada de manera conjunta con otras medidas técnicas, políticas y sociales, para reducir el consumo energético y aumentar el uso eficiente de la energía.” [1]

El propósito del proyecto es contribuir al desarrollo de un sistema eficiente de generación y transporte de energía, analizando para ello las posibilidades de la utilización de determinados residuos que abundan en la zona noroeste de nuestra provincia, los residuos olivícolas, en la generación de energía eléctrica.

Para ello es necesario evaluar el potencial de la energía proveniente de la biomasa en nuestra provincia, mediante la cual se encuentra una alternativa viable al uso de los combustibles fósiles, principales causantes del calentamiento global debido a los elevados volúmenes de CO₂ que se liberan al ambiente durante su utilización.

A raíz de lo planteado, es preciso destacar que el principal objetivo que se persigue con la realización del proyecto es la evaluación de la factibilidad ambiental, técnica y económica del aprovechamiento de biomasa para generar energía a través de los sub-productos de la industria olivícola en la provincia de Córdoba.

2. DESARROLLO

La provincia de Córdoba presenta una región noroeste y oeste con una larga tradición en la producción olivícola, debido a las excelentes condiciones agroclimáticas de la región, como lo ponen de manifiesto 5.000 hectáreas de olivicultura.

La cadena olivícola de la provincia produce aceites de oliva de calidad extra virgen y virgen y aceitunas de mesa. Esta cadena está compuesta por tres grupos asociativos de productores, la Asociación Civil de Productores Olivícolas de Translasierra (APOT), la Asociación de Productores Orgánicos de la Cuenca del Pichanas (APOCUP) y el Grupo de Productores Olivícolas de Cruz del Eje, los cuales se encuentran distribuidos en diversos departamentos de la provincia de Córdoba.

Los departamentos que mayor producción anual poseen son los de Cruz del Eje e Ischilín, razón por la cual se tomaron de base para los estudios realizados.

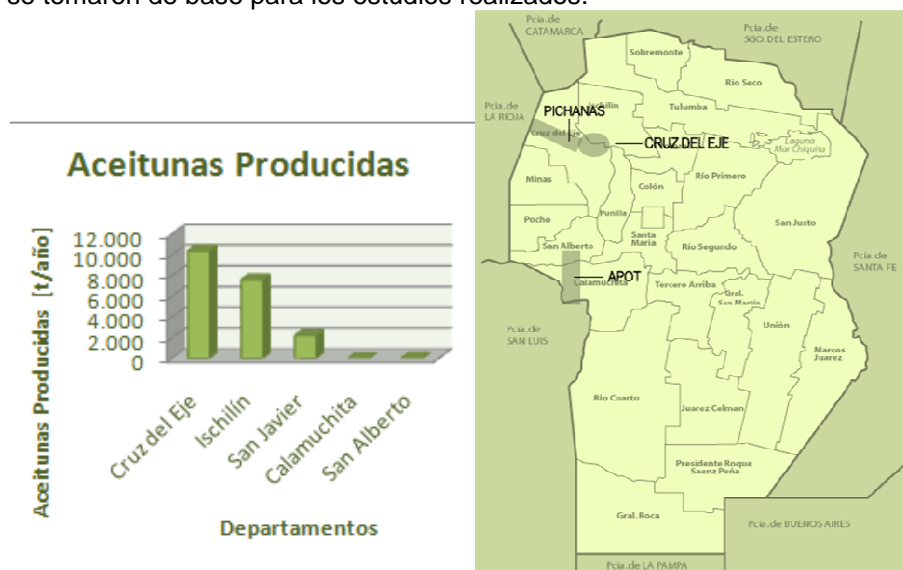


Figura 1 Aceitunas producidas / Cadena olivícola de la provincia de Córdoba
Fuente: Elaboración propia / Programa de Desarrollo de Cadenas Productivas.

Esta industria genera grandes toneladas de residuos anualmente, las cuales provienen tanto de la producción como de la industrialización de las aceitunas. En el caso de la producción olivícola, los residuos provienen de la poda de los árboles, la cual se realiza cada uno o dos años, según la edad de los árboles. Si bien estos conforman una importante cantidad de biomasa, presenta varios inconvenientes que generaría su utilización en la región. En primer lugar, los mismos se encuentran muy dispersos en los campos y su recolección como así también su posterior tratamiento para poder ser utilizados como combustible, generarían grandes aumentos en los costos, y no generan un flujo continuo de biomasa, sino que dependen de los cronogramas de poda que disponga cada productor para sus árboles. Por estas razones, no fueron considerados en los estudios precedentes. En el caso de la industrialización olivícola, los residuos provienen de la producción de aceitunas de mesa y de aceite de oliva. Los porcentajes y las cantidades de aceitunas destinados a cada actividad pueden verse a continuación.

Tabla 1 Destino de la producción. Fuente: elaboración propia.

Total destinado a Aceitunas de Mesa [t]	Total destinado a Elaboración de Aceite de Oliva [t]
5.386	12.567

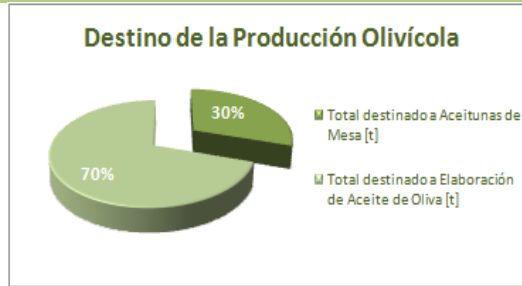


Figura 2 Destino de la producción. Fuente: elaboración propia.

En cuanto a la elaboración de aceitunas de mesa, sólo generan residuos potencialmente utilizables, aquellas que se dedican a la elaboración de aceitunas sin carozo, de cuyo porcentaje no existen datos concretos, por lo cual no puede realizarse un análisis confiable de su disponibilidad, pero es necesario mencionarlos ya que podrían incrementar el potencial biomásico de la región. El mayor porcentaje de toneladas de aceitunas está destinado a la elaboración de aceite de oliva, además esta actividad es la que mayor cantidad de residuos arroja debido a que sólo el 16% de cada tonelada de aceitunas que ingresan a la fábrica puede convertirse en aceite, el resto se transforma en residuos sin valor aparente para los productores, y que además constituyen una carga tanto económica como ambiental, ya que se trata de residuos orgánicos que luego de cierto tiempo se descomponen y se tornan inutilizables.

Tabla 2 Resultados de la elaboración del aceite de oliva. Fuente: elaboración propia.

Aceite de Oliva [t]	Residuos [t]
2.010	10.557



Figura 3 Resultados de la elaboración del aceite de oliva. Fuente: elaboración propia.

Estos residuos se dividen en tres tipos: orujo húmedo, alpechín y hojas, cuyos porcentajes son:

Tabla 3 Distribución de los residuos. Fuente: elaboración propia.

Residuos	[t/año]
Orujo Húmedo	4.223
Alpechín	5.279
Hojas	1.056
Total Residuos	10.557

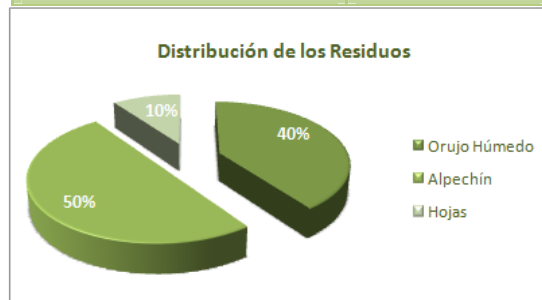


Figura 4 Distribución de los residuos. Fuente: elaboración propia.

Las hojas llegan a la almazara en los cajones donde se transportan las aceitunas, ya que se mezclan con las mismas durante su recolección. El alpechín es un residuo líquido, por lo cual no es utilizable como potencial biomasa.

Por lo tanto, los residuos que se toman en cuenta para el análisis del potencial biomásico son el orujo húmedo y las hojas.

Estos residuos pueden tener múltiples aprovechamientos, energéticos o de otra índole, sin embargo entre las diversas opciones existentes, se seleccionó la opción energética, ya que es la que más se ajusta a los requerimientos actuales de nuestro país, ayudando a ampliar la matriz energética del mismo, y generando grandes beneficios ambientales y sociales para la región.

Las opciones energéticas pueden resumirse en la siguiente tabla:

Tabla 4 Aplicaciones energéticas. Fuente: elaboración propia.

Aplicación Energética	Tecnología de Conversión Energética	Tecnología de Generación Energética	Biomasa - Materia Prima					Combustible	Tamaño de Referencia
			Orujo Húmedo	Orujo Seco	Orujillo	Hueso	Hojas		
Energía Térmica	Combustión Directa	Caldera		X	X	X		Pellets - Residuos	
	Ciclos de Vapor	Caldera - Turbina	X	X	X	X	X	Pellets - Residuos	> 4 MW
Energía Eléctrica	Gasificación	Turbina de Gas		X	X	X	X	Gas de Síntesis o Gas Pobre	> 1 MW
		Motor Alternativo		X	X	X	X	Gas de Síntesis o Gas Pobre	> 0,5 MW
		Ciclo Combinado		X	X	X	X	Gas de Síntesis o Gas Pobre	> 10 MW
		Digestión Anaerobia	Turbina de Gas	X					Biogás
		Motor Alternativo	X					Biogás	> 0,5 MW
		Ciclo Combinado	X					Biogás	> 10 MW
Cogeneración	Ídem Energía Eléctrica, pero generando conjuntamente Energía Eléctrica y Térmica.								
Energía Mecánica	Fermentación Alcohólica	Motor de Combustión Interna	X					Biocombustibles	-

Antes de tomar una decisión respecto a la opción a seleccionar, fue necesario realizar una estimación de la potencia que podría llegar a generarse con la biomasa disponible. Aunque este valor depende de la tecnología que se emplee, puede realizarse una aproximación del mismo, el cual arrojó que la potencia total a obtenerse podría llegar a un máximo de alrededor de 1 MW.

Para este nivel de potencias, se puede ver que no todas las tecnologías disponibles resultan las más adecuadas, tanto técnica como económicamente.

La generación eléctrica con biomasa se realiza, mayoritariamente mediante calderas de vapor a alta presión y turbinas a condensación, cuya viabilidad económica depende de una escala no inferior a 3MWe en potencia eléctrica neta (3,4 MWe brutos) con consumos no inferiores a 15MW, equivalentes a 30.000 tn/año de biomasa disponible. [2] Es por ello muy interesante en los rangos desde 50 kWe hasta 3 MWe utilizar el proceso de gasificación para el uso del gas generado en motores de combustión interna especialmente adaptados, reconocidos como los propulsores más eficientes. Esta es la principal razón por la cual se seleccionó la tecnología de gasificación como la opción más adecuada para el aprovechamiento energético de los residuos del olivar en la región.

La gasificación es un proceso de combustión incompleta que se origina cuando la biomasa se somete a temperaturas de entre 600 y 1.500°C en una atmósfera pobre en oxígeno. La oxidación parcial del combustible, al aportarle exclusivamente entre el 25 y el 30% de la cantidad necesaria para la combustión, hace que una parte del combustible se queme y genere el calor necesario para que el restante se descomponga térmicamente. El producto que se obtiene es un gas combustible constituido por CO, hidrógeno y metano y que retiene la gran mayoría del poder calorífico de los residuos. [3]

Utilizando orujo seco, orujillo, hojas y/o hueso en un gasificador se genera gas que puede ser aprovechado en una turbina de gas o en un motor alternativo. Entre estas dos opciones de tecnologías de generación energética, la seleccionada es el motor alternativo, debido a su mayor eficiencia para bajas potencias. Además para estas aplicaciones, parece ser que el sistema gasificador más adecuado es el denominado downdraft, debido principalmente a su simplicidad para la pequeña escala de potencias considerada, además de ser muy interesante para el uso de motores de combustión interna que aprovechen los gases obtenidos. [4] A continuación se observa un esquema del proceso.

En el proceso de gasificación se generan un porcentaje de energía eléctrica y un porcentaje de gases de escape que podrían ser utilizados como energía térmica, razón por la cual la instalación se torna mucho más eficiente si se utiliza esta energía térmica en lugar de dejar que se disipe al ambiente en forma de gases calientes. Además, en el proceso de producción del aceite de oliva se tienen requerimientos tanto eléctricos como térmicos, con lo cual esta energía sería aprovechada por la almazara. Por esta razón, se seleccionó la cogeneración como la aplicación energética más eficiente en el caso en estudio.

Una vez realizadas las consideraciones anteriores, se debe estimar la biomasa que efectivamente podría utilizarse en el proceso, para lo cual se estudió más en detalle la zona, para conocer cuáles son los puntos de mayor producción en la región y así poder empezar a idear la localización de la planta. En este estudio se determinó que la mayor producción de la región está distribuida en tres aceiteras principales, que concentran alrededor del 50% de la producción de la misma, y el resto es realizado mediante pequeños y medianos productores. Con estos datos, se plantearon una serie de escenarios para determinar cuál sería la mejor opción de aprovechamiento de estos residuos.

Finalmente la opción elegida sería la instalación de una microplanta acopiadora generadora, que se encontraría en el predio de la almazara de mayor producción, Olivares y Viñedos de San Nicolás S.A., y se trataría de realizar un acuerdo con las dos restantes, Exprodar S.A y Agropecuaria Paso Viejo S.A., para acopiar los residuos de estas tres plantas, ya que la distancia entre las mismas permitiría realizar esta tarea al no encontrarse tan distantes entre sí, como puede verse a continuación:

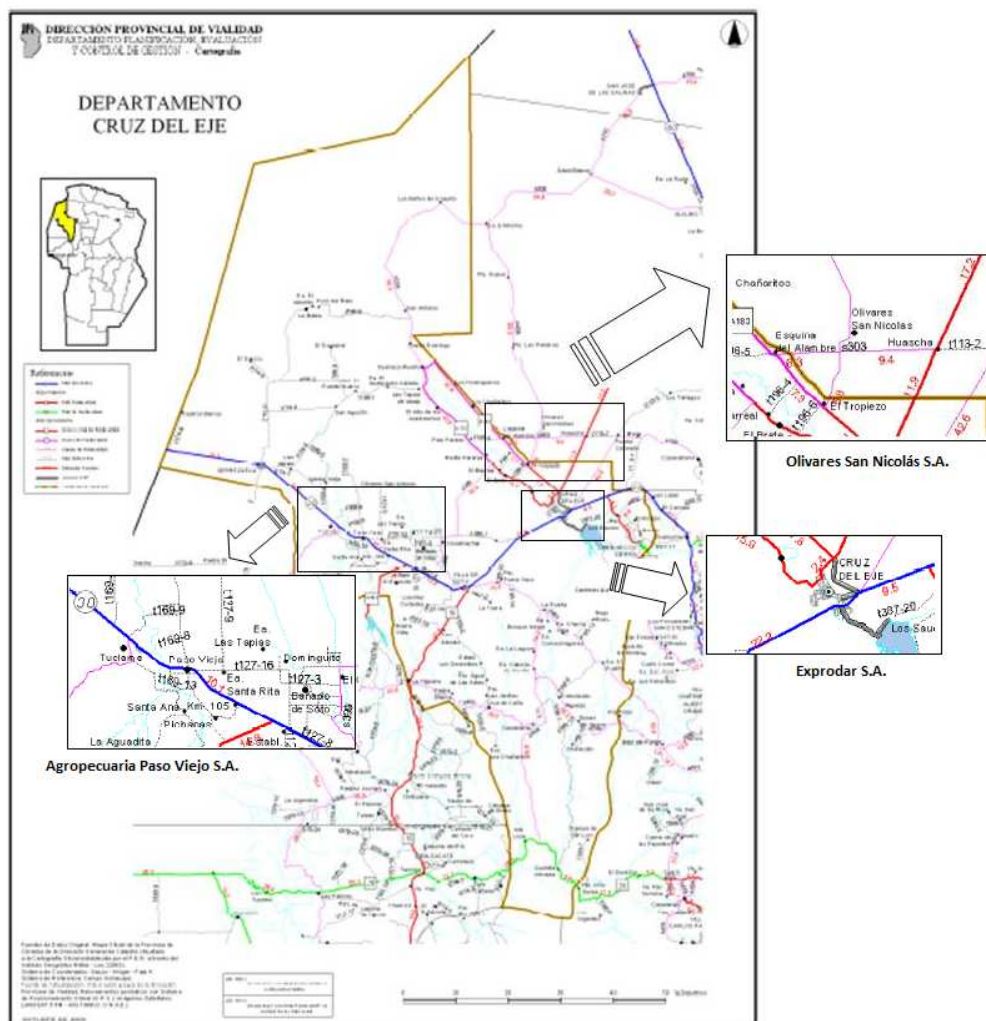


Figura 5 Ubicación de las mayores almazaras de la región. Fuente: elaboración propia en base a http://www.cba.gov.ar/imagenes/fotos/obr_Cruzdeleje.pdf

La distancia aproximada entre las plantas es la siguiente:

Tabla 5 Distancia aproximada entre las almazaras. Fuente: elaboración propia.

Salida		Destino		Distancia Aprox. [Km]	Tiempo Aprox. [min]
Empresa	Localidad	Empresa	Localidad		
Agropecuaria Paso Viejo S.A.	Paso Viejo	Olivares de San Nicolás	Olivares de San Nicolás	70	45
Exprodar S.A.	Cruz del Eje	Olivares de San Nicolás	Olivares de San Nicolás	20	15

Esta selección se debe a una serie de ventajas que presentaría la instalación:

- Generaría una potencia acorde a las necesidades de la almazara, y con posibilidades de venta de energía a la red nacional.
- Produciría energía durante todas las horas de producción de la almazara, lo cual generaría un ahorro energético importante para la empresa.
- Luego de terminada la producción, la planta podría seguir generando energía debido a la disponibilidad de recursos biomásicos, y esta generación podría realizarse en un horario conveniente, cuando la demanda es mayor y el precio de venta consecuentemente también lo es.
- Se podrían llegar a realizar acuerdos entre las tres empresas involucradas en el proyecto, para lograr un beneficio conjunto, aumentando la disponibilidad de recursos, disminuyendo residuos y generando beneficios económicos extras.
- Estas tres empresas constituyen aproximadamente el 50% de la producción total de la región, y con posibilidades de implantación de más cultivos de Alta Densidad en las mismas, el rendimiento crecerá a medida que transcurran los años.

La biomasa disponible, con sus respectivas propiedades puede observarse en la siguiente tabla:

Tabla 6 *Energía anual potencialmente disponible. Fuente: elaboración propia.*

Subproductos (Residuos)	Cantidad Anual Disponible	Humedad	Poder Calorífico	Factor Corrector de Humedad	Energía Anual Potencialmente Disponible (en forma de Biomasa)		
	[tn/año]	%	[Kcal/Kg MS]		[Kcal/año]	[KJ/año]	[MJ/año]
Orujo Húmedo	2.445	50	4.250	0,50	5.196.420.600	21.741.823.790	21.741.824
Hojas	611	10	4.300	0,90	2.365.899.732	9.898.924.479	9.898.924
Totales	3.057				7.562.320.332	31.640.748.269	31.640.748

La potencia total que podría ser generada con estos residuos puede verse a continuación:

Tabla 7 *Potencia final que entregará la instalación. Fuente: elaboración propia.*

Energía Anual Potencialmente Disponible (Biomasa)		Energía Anual Potencialmente Disponible (Syngas) (75% eficiencia)	Horas Anuales de Funcionamiento	Potencia Total (100% eficiencia)	Potencia Total (41% eficiencia)	Potencia Eléctrica (26% eficiencia)	Potencia Térmica (15% eficiencia)
[MJ/año]	[MWh/año]	[MWh/año]	[h/año]	[MW]	[MW]	[MW]	[MW]
31.640.748	8.789	6.592	5.000	1,76	0,72	0,46	0,26

La potencia total instalada sería de 720kW, de los cuales corresponderían a potencia eléctrica 460kW, y a potencia térmica 260kW.

La almazara consumirá entre 20kWh y 50kWh por cada tonelada de aceitunas procesada, tomando como media un consumo de 35 kWh por tonelada, durante los cuatro meses de su funcionamiento, las cuales serán autoabastecidas por la planta de gasificación, el resto del año, toda la energía generada será vendida a la red eléctrica. El consumo y la producción anual de energía eléctrica pueden verse a continuación:

Tabla 8 *Consumo y producción de energía eléctrica. Fuente: Elaboración propia.*

Consumo de la Planta	Producción de la Central	Diferencia: Venta a la Red
kWh/año	kWh/año	kWh/año
254.727	2.285.165	2.030.439

Con esta magnitud de energía vendida a la red, la empresa podría tener los siguientes ingresos anuales:

Tabla 9 *Ingresos por la venta de energía eléctrica a la red. Fuente: elaboración propia.*

CONSUMO Y PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA					
Consumo de la Planta		Producción de la Central		Diferencia	Venta
KWh/tn	tn/año	KWh/año	KWh/año	KWh/año	\$
35	7.278	254.727	2.285.165	2.030.439	225.717

Luego de presentados todos los datos correspondientes, a continuación se detallan las características Técnicas de la instalación:

- **Función:** Cogeneración (Producción de Energía Eléctrica y Térmica).
- **Tecnología:** Gasificación.
- **Potencia eléctrica Nominal:** 720 kW.
- **Autoconsumo:** 11%
- **Disponible para la red:** 89%
- **Energía Eléctrica Exportada:** 2.000.000 KWh/año.
- **Disponibilidad:** 5.000 horas al año.
- **Tipo de Gasificador:** de Corriente Descendente (Downdraft).
- **Generador de Energía:** Motor Alternativo.

Para una instalación de este tipo, la inversión necesaria sería:

Tabla 10 Desglose de la inversión. Fuente: elaboración propia en base a datos obtenidos de: "Estimación del recurso y prospectiva tecnológica de la biomasa como energético renovable en México".

DETALLE	US\$/kWe	US\$	€	\$
Terrenos (1.000 m²)	8	9.600	6.514	36.672
Trabajos de ingeniería civil				
Instalación fija, que consta de un techo sostenido por pilares de acero; tejado de chapa de Zinc; suelo de cemento reforzado; paredes de ladrillo; y plataforma para el motor de hormigón armado.	120	144.000	97.705	550.080
Instalaciones eléctricas				
Instalaciones eléctricas y tablero de mandos. Tomas de corriente y línea.	28	33.600	22.798	128.352
Maquinaria y equipos				
Gasificador; Motor y Generador Eléctrico.	1.000	1.200.000	814.210	4.584.000
Costes de transporte y seguros	9	10.800	7.328	41.256
Costes de montaje y ensayos	62	74.400	50.481	284.208
Inversión total	1.227	1.472.400	999.036	5.624.568

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

A pesar de todos los beneficios que implicaría la instalación de una central de este tipo, las complicaciones surgieron al momento de buscar proveedores de origen nacional para el pedido de presupuestos acerca de esta tecnología. El problema surge porque la gasificación es una tecnología poco desarrollada en nuestro país, y no se encuentran empresas que puedan llegar a brindar las instalaciones necesarias para el proceso, por esta razón sería necesario importar toda la maquinaria desde algún país que si posea un desarrollo acorde en la materia, entre estos países se encuentra como principal proveedor España, ya que el mismo cuenta con una amplia experiencia en esta materia debido a que es el mayor productor mundial de aceitunas; también existen otros productores de esta tecnología a nivel internacional pero la mayor cantidad de información se encontró en empresas provenientes del mencionado país.

En estas condiciones, es necesario destacar que la propuesta no resultaría rentable desde el punto de vista económico, ya que la importación de equipos de tales magnitudes encarecería considerablemente la inversión, tanto por el tipo de cambio de nuestra moneda en comparación con el euro, como por los gastos de transporte de los equipos.

Como se pudo observar, el costo de la instalación, sería de aproximadamente €1.000.000, es decir más de \$5.000.000. A su vez, los ingresos que se obtendrían por la venta de la energía generada serían aproximadamente \$225.000 anuales. Realizando un análisis en base a la inversión requerida y los ingresos obtenidos, se concluye que los ingresos no serían suficientes para cubrir una inversión de tales magnitudes en el período considerado como de vida útil del proyecto, es decir 20 años.

Si se realiza la suma de todos los Flujos Netos de Efectivo (FNE) hasta el año 20 del proyecto no se alcanza a cubrir la inversión realizada, esto recién se logra extendiendo el análisis hasta el año 2.042, es decir el año 32 del mismo, ya que si se suma el total de los FNE hasta dicho año se obtiene un valor superior al de la inversión.

Esto puede verse en el siguiente gráfico que muestra la evolución de los Flujos Netos de Efectivo Acumulados (FNEA) hasta el año número 32 del proyecto, el punto en el que la línea de los flujos corta al eje de los años, muestra el año en el que se recuperaría la inversión realizada.



Figura 6 Período de recuperación del capital. Fuente: Elaboración propia.

Si se analizara un escenario hipotético, en el cual el equipo pudiera fabricarse a través de empresas nacionales, de modo eficiente, con la consecuente disminución de costos que esto acarrearía, se podría llegar a considerar el caso en el cual, en nuestro país se pudiera realizar una inversión equivalente a la que se debe realizar en Europa para instalar este tipo de equipos. Esta analogía puede realizarse debido a que los costos de generación de electricidad son equivalentes a los de nuestro país y los ingresos por la producción de electricidad también, teniendo en cuenta el tipo de cambio; es decir, en Europa se puede generar electricidad a un precio de €0,14/KWh, y en nuestro país a un precio de \$0,10/kWh. Si se considerara una inversión equivalente, es decir una inversión de \$1.000.000, ésta podría amortizarse en 9 años, con enormes beneficios para la empresa. Esto puede verse a continuación en el siguiente gráfico, sumando los FEN o analizando la evolución de los FENA hasta el año 2.019, se demuestra que la inversión se encuentra cubierta.

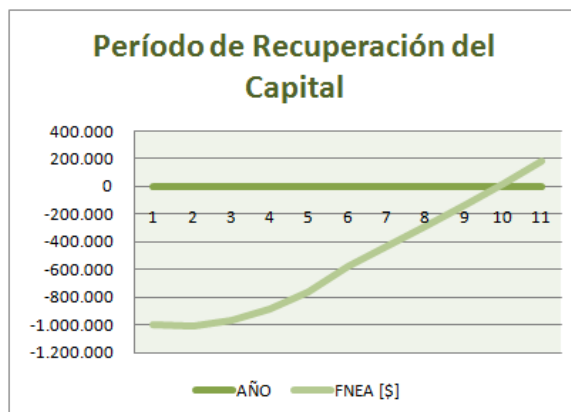


Figura 7 Período de recuperación del capital. Fuente: Elaboración propia.

Sin embargo, además de los elevados costos por la importación de los equipos, existen otras consideraciones que deben tomarse en cuenta, las cuales limitan la viabilidad del proyecto:

- El subsidio obtenido por parte del gobierno es, según la Ley 26.190: Régimen de Fomento Nacional para el uso de fuentes renovables de energía destinada a la producción de energía eléctrica (Art. 14), de uno coma cinco centavos por kWh generado (0,015 \$/KWh); lo cual es un tanto bajo para la magnitud de los beneficios que un proyecto de este tipo acarrearía, por lo cual pueden pedirse subsidios adicionales a los gobiernos nacional o provincial.
- No se está considerando en este análisis que el presente proyecto puede ser propuesto como un Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), es decir un proyecto de reducción de emisiones o secuestro de carbono que se lleva a cabo en un país en desarrollo. Los proyectos MDL generan CERs o Bonos de Carbono, que pueden ser comercializados en el mercado de carbono. 1 CER equivale a 1 Tn de CO₂ reducida, lo cual generaría ingresos extra que no se están teniendo en cuenta ya que esta temática no se encuentra dentro de los alcances de este proyecto.
- No se ha considerado la ayuda que pueden brindar diversos organismos internacionales para el apoyo y fomento de proyectos de este tipo. Es necesario aclarar que las condiciones que se tomaron para el análisis de la recuperación de la inversión, se hicieron en las condiciones más desfavorables. Si bien pueden recibirse ayudas de organismos internacionales para el apoyo y fomento de este tipo de proyectos, los montos varían de un organismo a otro, y quedan pendientes a la aceptación del proyecto.

- Por último no se debe dejar de lado que el principal propósito de este estudio no es obtener una alta rentabilidad por la instalación de la planta de gasificación, sino que lo que se persigue es el beneficio energético, medio- ambiental y social que se percibe con una instalación de este tipo.

Más allá de todo lo expuesto, es necesario considerar una cuestión muy importante para el futuro desarrollo de este tipo de proyectos. El INTI está en tratativas para la adquisición de una licencia de la tecnología de gasificadores de una empresa india, para la construcción de los equipos gasificadores a nivel nacional. Esto puede observarse en la siguiente declaración de un ingeniero del INTI, el Ing. Anesini, quién declaró que: "... *en principio, el INTI va a adquirir la licencia de la tecnología (gasificadores) y después la va a transferir a una o más empresas locales, esto es ya una decisión tomada* ". Y recalca que al proveedor indio (Ankur Scientific Energy Technologies Pvt. Ltd.) le interesa transferir la tecnología, lo que implica que el INTI compre la licencia para fabricarlo en la Argentina, lo que deja de lado el costo de la importación que tendría traerlo el equipo desde la India. "No tenemos hoy un número de cuánto costaría esa transferencia, por eso en este momento estamos negociando ese tema. En tres o cuatro meses podríamos culminar esa etapa..." [5] Ésta es una solución prometedora, ya que en un futuro cercano, la tecnología podría tener el mismo costo que la fabricada en Europa, con lo cual a iguales costos el proyecto se tornaría viable como ya se demostró con anterioridad.

3.1. Matriz FODA

Es útil para una mejor visualización de los resultados obtenidos, el planteo de los mismos en una matriz FODA, la cual permite una fácil visualización de los puntos a favor y en contra de la utilización de los residuos olivícolas en la provincia de Córdoba para la generación de energía eléctrica y térmica, cogeneración, mediante el proceso de gasificación. Como puede observarse, las Fortalezas y Oportunidades (Aspectos Positivos), superan ampliamente a las Debilidades y Amenazas (Aspectos Negativos).

Tabla11 Matriz FODA. Fuente: Elaboración propia.

	FORTALEZAS	DEBILIDADES
INTERIOR	<ul style="list-style-type: none"> • Revalorización de residuos sin valor aparente. • Generación de una energía limpia, renovable y que no contamina. • Disminución de emisiones de gases de efecto invernadero. • Autoabastecimiento energético de la almazara. • Aporte a la diversificación de la matriz energética del país. • Aporte a la descentralización del sistema de generación de electricidad. • Creación de puestos de trabajo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Relativamente baja disponibilidad de residuos. • Central de relativamente baja potencia. • Imposibilidad de seleccionar otra tecnología de generación energética. • Ineficiencia en la utilización de otro tipo de residuos.
	OPORTUNIDADES	AMENAZAS
EXTERIOR	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento del precio de combustibles convencionales. • MDL, aprovechando los beneficios del Protocolo de Kyoto. • Adquisición de la licencia para fabricar gasificadores por parte del INTI. • Futuras posibilidades de producción de la tecnología a nivel local. • Existencia de regiones con mayor potencial de aprovechamiento biomásico en nuestro país, debido a una mayor producción olivícola. • Posibilidad de utilizar otras tecnologías en esas regiones. • Posibilidad de emplear otro tipo de biomasa en otras regiones del país. 	<ul style="list-style-type: none"> • Legislación poco desarrollada a nivel nacional. • Falta de incentivos por parte del gobierno. • Escaso desarrollo de la tecnología de gasificación a nivel nacional. • Necesidad de importar los equipos requeridos. • Escasa información sobre tecnologías para el aprovechamiento de la biomasa.
	POSITIVAS	NEGATIVAS

3.2. Propuestas, recomendaciones

Luego de estudiar la región, su potencial biomásico, y las tecnologías de aprovechamiento disponibles en nuestro país, es posible hacer una serie de propuestas y recomendaciones para la consecución de estos estudios.

3.2.1. Analizar el potencial biomásico de otras regiones del país

Si bien la región en estudio posee un potencial de aprovechamiento de biomasa procedente de la industria olivícola interesante, es necesario destacar que existen otras provincias en nuestro país con un potencial mucho mayor. Esto puede observarse al comparar las hectáreas destinadas al cultivo del olivo existentes en la provincia de Córdoba (5.000 has aproximadamente) con las existentes en Catamarca (23.000 has), La Rioja (22.000 has), San Juan (18.000 has) y Mendoza (15.000 has), con lo cual en estas provincias tanto la superficie cosechada como la producción olivícola son mucho más extensas que en nuestra provincia, por lo que un análisis de las mismas podrían arrojar resultados muy prometedores.

3.2.2. Analizar la posibilidad de utilización de otras tecnologías de conversión energética

Como se mencionó en el punto anterior existen regiones en nuestro país con un potencial biomásico muy elevado, en estos casos las potencias que pueden obtenerse podrían llegar a ser mucho mayores y ello justificaría la utilización de otra tecnología de conversión más estudiada en nuestro país como es la instalación de una caldera para generar vapor y que el mismo sea aprovechado en una turbina para la generación de energía eléctrica, es decir utilizar la generación en ciclos de vapor. Al tratarse de una tecnología que ha sido implementada con éxito anteriormente en el país, existen buenos antecedentes de su utilización, y existen fabricante a nivel nacional, con lo cual se elimina la necesidad de importar los equipos, y en consecuencia, su inversión podría ser menor y por lo tanto el período de recuperación del capital invertido también lo sería. Además de esta, otra muy utilizada en diversos países del mundo, es la combustión directa de los residuos del olivar en calderas de biomasa para obtener energía térmica que puede ser utilizada para calefacción o para diversos usos industriales. Las calderas de biomasa son equipos compactos diseñados específicamente para su uso, ya sea doméstico en viviendas unifamiliares, edificios de viviendas o comerciales, existiendo también modelos para instalaciones industriales.

3.2.3. Analizar la viabilidad de utilización de los residuos de la poda

En el presente trabajo no se tuvieron en cuenta los residuos provenientes de la poda, ya que la población de árboles presentes en la región en estudio, no produciría una magnitud anual de residuos lo suficientemente considerable como para realizar el aprovechamiento de los mismos. Sin embargo, en regiones donde la población de árboles es mucho mayor, la energía que podría obtenerse de este tipo de residuos se incrementaría considerablemente, y podría ser un factor clave para el aprovechamiento energético, por lo cual debería realizarse un estudio para evaluar la factibilidad de utilización de los mismos en otras provincias del país, donde la población de olivos es mucho mayor que la de nuestra provincia.

3.2.4. Seguir la evolución del proyecto del INTI

Como se mencionó, el INTI se encuentra en tratativas con un proveedor de gasificadores a nivel mundial, para la adquisición de la licencia de esta tecnología. Si ello se logra, esta institución transferiría la misma a una o más empresas locales, para poder realizar la fabricación de los equipos en nuestro país, con la consecuente disminución de costos que esto conllevaría. Si este proyecto prospera, la implementación de esta tecnología podría tornarse una inversión viable para el aprovechamiento energético en nuestro país.

3.2.5. Analizar la presentación del proyecto como un Mecanismo de Desarrollo Limpio

Podría existir la posibilidad de presentar el proyecto como un Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), aprovechando los beneficios del Protocolo de Kyoto. Éste, establece para los países que participan, reducir el total de sus emisiones de GEI (Gases de Efecto Invernadero) a un nivel inferior en no menos de 5% al de 1990 en el período de compromiso, comprendido entre el año 2008 y el 2012. Para cumplir con el mismo se establecieron además de las reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero en cada país, y del comercio de emisiones, otros mecanismos como la Aplicación Conjunta (AC) y el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL).

Un proyecto en el marco del Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL o CDM en inglés) es un proyecto de reducción de emisiones o secuestro de carbono que se lleva a cabo en un país en desarrollo, como ser la Argentina. Los proyectos MDL generan CERs o Bonos de Carbono, que pueden ser comercializados en el mercado de carbono. 1 CER equivale a 1 Tn de CO₂ reducida. Los beneficios de los MDL, pueden hacer más atractivo un proyecto desde el punto de vista económico-financiero, a tal punto que solo puede ser viable si cuenta con ellos.

4. CONCLUSIONES GENERALES

Luego del estudio realizado en los departamentos de Cruz del Eje e Ischilín de la provincia de Córdoba para la evaluación ambiental, técnica y económica del aprovechamiento de los residuos del olivar en la región, es posible afirmar que, en las condiciones actuales, la implementación de una instalación para el aprovechamiento energético de los mismos resulta inviable tanto técnica como económicamente.

En principio, la región posee un potencial biomásico importante debido a la extensa producción olivícola que se realiza en la misma, liderada por la producción de aceite de oliva, que es la actividad que mayor porcentaje de biomasa potencial produce, arrojando anualmente miles de toneladas de residuos que se vuelven una carga económica y ambiental para los productores. Además el poder calorífico de los mismos es elevado y pueden utilizarse en conjunto mediante diversas tecnologías de conversión energética. Con esto, además de contribuir al desarrollo energético y a la disminución del impacto ambiental, se podría esperar un incremento en la productividad de las empresas del rubro olivícola, ya que las mismas podrían realizar el autoabastecimiento de la energía que de otro modo debería ser comprada a terceros, como ocurre en la actualidad, produciendo un excedente que puede ser vendido a la red eléctrica, y teniendo además una buena gestión de sus residuos.

Sin embargo, la magnitud de los mismos permite la instalación de una central de relativamente baja potencia, que se encuentra alrededor de los 700kW totales, para la cual la tecnología más eficiente de generación energética es la gasificación. Lamentablemente esta tecnología se encuentra poco desarrollada en nuestro país, razón por la cual para implementarla es necesario importarla desde países en los cuales la misma se ha estudiado, evaluado e implementado, y donde se pueden encontrar una gran cantidad de proveedores. Estos países son principalmente países de Europa, dentro de los cuales España tiene uno de los mayores desarrollos en relación a esta tecnología debido a la amplia experiencia que posee en materia olivícola, por tratarse del mayor productor mundial de aceitunas y de aceite de oliva. Esta importación de los equipos, lógicamente incrementa considerablemente los costos de conversión energética ya que el tipo de cambio no favorece a nuestro país en la adquisición de equipos de un costo tan elevado, y a ellos debe sumarse los costos que implicaría el traslado del equipo en tan grandes distancias; haciendo que la inversión sea imposible de afrontar para los productores de la región.

Todo ello se ve reflejado en el período de recuperación del capital invertido. Si se realizara la importación de los equipos necesarios, la inversión podría cubrirse recién a los 32 años de comenzado el proyecto, debido a que los ingresos anuales por la venta de energía a la red no serían lo suficientemente elevado como para afrontar una inversión de tal magnitud.

Si en cambio, esta tecnología fuera desarrollada en nuestro país, y pudiera producirse eficientemente a un nivel similar al de Europa, y con costos similares, la inversión realizada podría recuperarse 9 años después de iniciado el proyecto, con lo cual se tornaría viable su implementación y podría ser una opción muy interesante para los productores.

Otra forma para determinar la viabilidad del proyecto, sería evaluar qué precio debería tener la energía eléctrica vendida a la red, para generar un flujo de ingresos necesario para cubrir la inversión realizada en un período no superior a los 10 años, considerando que se importan todos los equipos necesarios desde Europa, es decir, manteniendo los costos que se presentan en la actualidad, cuánto debería incrementarse el precio de la energía eléctrica para hacer viable la inversión. Este análisis demuestra que sería necesario cuadruplicar el actual precio de la energía eléctrica, para obtener unos flujos netos de efectivo suficientes para lograr este objetivo. Con estos incrementos, el proyecto podría volverse rentable desde este punto de vista, pero ello traería otro tipo de consecuencias para la generación eléctrica del país, ya que los costos seguramente se volverían insostenibles para los consumidores. Por estas razones, no se realizan inversiones de este tipo en el sector, y la utilización de la biomasa para aprovechamiento energético es muy escasa en nuestro país, en contraposición con la enorme disponibilidad de biomasa agrícola que posee, por ser uno de los mayores productores agropecuarios del mundo. Por lo tanto, se puede decir que el potencial biomásico de la República Argentina está siendo desperdiciado.

5. AMPLIACIÓN DEL ESTUDIO

En base a las propuestas realizadas para la consecución de los estudios, se constituyó un grupo de investigación interfacultades UTN, el cual cuenta con un equipo interdisciplinario perteneciente a la Facultad Regional Córdoba y a la Facultad Regional La Rioja.

Siguiendo otras líneas de acción, y trasladando el estudio a La Rioja, por poseer mayor producción olivícola, las principales características del proyecto son:

HIPÓTESIS: El aprovechamiento de los residuos del olivar en la generación de energía térmica resulta la alternativa energética más económica, presenta ventajas ambientales con respecto a los aprovechamientos no energéticos, y contribuiría a mejorar el perfil productor del sector.

OBJETIVO GENERAL: Evaluar la alternativa más económica y ambientalmente sostenible del aprovechamiento de residuos olivícolas, generando un Modelo Estándar de Proceso aplicable a industrias del sector.

OBJETIVOS PARTICULARES:

*Conformar un grupo de investigación y desarrollo que se incorpore al grupo GICAPP, en el campo del reciclaje de los residuos provenientes de la industria olivícola, con capacidad de transferir sus conocimientos y experiencias al ámbito académico, político, social, comercial e industrial.

*Analizar los tres grandes campos de aprovechamiento de los residuos, desde el punto de vista económico y ambiental, para determinar la alternativa que resulte más conveniente:

*APLICACIONES ENERGÉTICAS.

*Producción de ALIMENTO para ANIMALES.

*Producción de FERTILIZANTES.

*Con los resultados obtenidos, definir un Modelo Estándar de Proceso, que pueda ser aplicado en general en este tipo de industrias.

*Desarrollar los lineamientos para la construcción de una Planta Piloto que aplique el modelo de proceso elegido, resultante de este Proyecto.

METODOLOGÍA

En primera instancia se realizará una caracterización de la región geográfica a ser estudiada, empezando con una breve introducción sobre la situación en el mundo, en Argentina, y luego un análisis más de talle de la provincia de La Rioja y específicamente de la finca a ser estudiada, apoyado por la investigación de campo surgida de la visita realizada por el Ing. Antonino Filí en el año 2011, y datos brindados en el presente año por integrantes del grupo en La Rioja.

Luego se realizará un análisis de la biomasa proveniente de la industria olivícola, determinando el tipo de biomasa que se puede obtener y la magnitud en la región de estudio.

Una vez obtenidos estos datos, se realizará un análisis de posibilidades de utilización de sus residuos, teniendo en cuenta en primer lugar las aplicaciones energéticas, ya que este es el fin principal que se persigue con la investigación; pero analizando también dos grandes campos de aprovechamiento como son la producción de fertilizantes y la elaboración de alimento para animales.

Con los datos obtenidos, se realizará un análisis de los posibles aprovechamientos en relación a la propia realidad del área de estudio. Y por último, se procederá a la elaboración de propuestas en base a los estudios realizados; teniendo en cuenta que el resultado al cual se pretende arribar es la elaboración de un Modelo Estándar de Proceso que utilice la alternativa seleccionada, y pueda ser aplicable a la Industria Olivícola en general.

CONSECUENCIAS ESPERADAS:

Descentralizar el sistema de generación eléctrica, abasteciendo a regiones excluidas del mismo.

Beneficios ambientales, aprovechando toneladas de biomasa.

Beneficios sociales, como la creación de empleos para su implementación y puesta en funcionamiento.

6. REFERENCIAS

- [1] <http://www.greenpeace.org/raw/content/argentina/bosques/bioenerg-a-oportunidades-y-ri.pdf>
- [2] www.icogen-sa.com
- [3] Nogués, Fernando Sebastián; Royo Herrero, Javier. (2002). *Ciclo energías renovables. Jornadas de biomasa. Generalidades*. Zaragoza. Fundación CIRCE.
- [4] Palomar Carnicero, José Manuel; Ortega Jurado, A.; Cruz Peragón, Fernando. (2004) *Elaboración integral de las aceitunas con autogeneración de electricidad, comparada con el sistema actual de obtención del aceite de oliva virgen*. Fundación Dialnet. Vol 55, N°3, págs. 303-311.
- [5] <http://www.inti.gob.ar/e-renova/erBI/er03.php>

7. AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo desean agradecer a quienes participaron y participan de este proyecto de diversas maneras: Ing. Antonino Filí, Ing. Raúl Garrera, Ing. Antonio Abdala, Ing. Humberto Marinelli, Ing. Walter Cova, Ing. Guillermo Garrido, Ing. Waldo Román Varela, Sr. Ezequiel Rosso, Sr. David Basiliere, Sr. Mariano Freytes.