



UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN



Centro de Ciencias Ambientales
EULA-CHILE

**Autogeneración de electricidad a partir de endocarpios provenientes
de la industria del aceite de oliva en tres especies utilizadas en la zona
centro del país**

Habilitación presentada para optar al título de
Ingeniero Ambiental

ELADIO ANDRES ARIAS GUTIERREZ

CONCEPCION (Chile), 2012



UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN



Centro de Ciencias Ambientales
EULA-CHILE

Autogeneración de electricidad a partir de endocarpios provenientes de la industria del aceite de oliva en tres especies utilizadas en la zona centro del país

Habilitación presentada para optar al título de
Ingeniero Ambiental

Alumno: Eladio Arias Gutiérrez

Profesor guía: Dr. Gladys Cecilia Vidal Sáez

CONCEPCION (Chile), 2012

INDICE

AGRADECIMIENTOS.....	10
NOMENCLATURA.....	11
RESUMEN.....	12
1.- INTRODUCCIÓN.....	14
1.1.- PRODUCCIONES DE OLIVAS EN CHILE.....	25
1.2.- PROCESO PRODUCTIVO DE ACEITE EXTRA VIRGEN.....	33
1.3.- RESIDUOS Y CARACTERIZACIÓN.....	47
1.4.- OPCIONES DE GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD.....	52
2.- HIPOTESIS.....	60
3.- OBJETIVOS.....	60
3.1 Objetivo General.....	60
3.2 Objetivos Específicos.....	60
4.- ANTECEDENTES.....	61
4.1.- CONCENTRACIÓN GEOGRAFICA DEL OLIVAR EN CHILE.....	61
4.2.- USOS DE RESIDUOS AGRICOLAS PROVENIENTE DE LAS PODEAS SEMESTRALES DEL OLIVAR.....	64
4.3.- ALTERNATIVAS TECNICAS PARA EL APROVECHAMIENTO ENERGETIVO DE LA BIOMASA.....	69
4.4.- BIOMASA PARA COMBUSTIÓN.....	75
4.5.- REQUERIMIENTOS ENERGETICOS DE LA ALMAZARA.....	79
5.- METODOLOGÍA.....	83
5.1.- DETERMINACIÓN DE PODER CALORIFICO SUPERIOR.....	83
5.2.- CUANTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE CENIZAS DE ENDOCARPIOS.....	84
5.3.- ANALISIS ECONOMICO POR MEDIO DE INDICADOR VAN Y TIR.....	88

6.- RESULTADOS.....	91
6.1.-ASPECTOS TÉCNICOS.....	91
6.2.-ASPECTOS ECONÓMICOS.....	95
7.- DISCUSIÓN.....	98
8.- CONCLUSIÓN.....	103
9.-REFERENCIAS.....	105

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Producción de aceite de oliva de España, Italia y Grecia en las temporadas del 2009/2010 al 2011/2012 y 2004/2005.....	16
Figura 2. Sistema súper intensivo con marco de plantación de 4,0 x 1,5 m.....	20
Figura 3. Diagrama del sistema de extracción de aceite de oliva de (a) dos fases y (b) tres fases.....	21
Figura 4. Residuos provenientes de la industria del aceite de oliva por (a) sistema de dos fases y (b) sistema de tres fases.....	22
Figura 5. Exportación de aceite de Oliva Chileno entre los años 2003 al 2010...	30
Figura 6. Consumo per cápita de aceite de oliva en Chile 2004 al 2010.....	31
Figura 7. Diagrama de flujo de almazara.....	34
Figura 8. Zona de recepción de las olivas.....	35
Figura 9. Zona de limpieza de las olivas.....	36
Figura 10. Zona de lavado de las olivas.....	37
Figura 11. Control de peso en la línea continua de ingreso de olivas.....	38
Figura 12. Molino para proceso de molturación de la oliva.....	40
Figura 13. Batido de olivas en termo batidor.....	41
Figura 14. Termo batidor.....	42
Figura 15. Decanter Horizontal para separación sólido-líquido.....	44
Figura 16. Decanter vertical para separación líquido-líquido.....	45
Figura17. Estanques de sangrado para almacenamiento de aceite.....	47
Figura 18. Zona de concentración de olivares para extracción de aceite de oliva	63
Figura 19. Residuos agrícolas de (a) astillas del olivo y (b) hojas del olivo por podas semestrales de olivar.....	65
Figura 20. Zonas temporales de acopio de residuos agrícolas provenientes de las podas semestrales del olivar.....	69
Figura 21. Proceso de conversión energética residual.....	69

Figura 22. Muestra de biocombustibles solidos obtenidos por procesos físicos específicos.....	70
Figura 23. Planta de generación de electricidad por combustión de biomasa.....	74
Figura 24. Implementos utilizados en la determinación de poder calorífico (a) Bomba calorimétrica, (b) Desecador y (c) Molino.....	84
Figura 25. Implementos utilizados en la determinación de humedad. (a) Horno Binder ED-115, (b) Crisol de porcelana.....	86
Figura 26. Implementos utilizados en la cuantificación de cenizas. (a) Mufla, (b) Cenizas obtenidas y (c) Balanza analítica.....	87
Figura 27. Implementos utilizados en la caracterización de cenizas. (a) ICP, (b) Analizador elemental Fisons EA 1108 y (c) Molino.....	88
Figura 28. Balance de masa y energía para generación de electricidad utilizando endocarpios como combustible.....	94

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Producción de Aceite de oliva a nivel mundial 2009/2010, 2010/20122 y 2011/2012.....	16
Tabla 2. Exportación de aceite de oliva en temporada 2009/2010.....	18
Tabla 3. Superficie cultivada de olivar en Chile entre los años 2005 al 2010 con proyección en el año 2015 y 2020.....	26
Tabla 4. Producción de aceite de oliva en Chile entre los años 2005 al 2010 con proyección en el año 2015 y 2020.....	27
Tabla 5. Variación de la superficie de olivos 1990-1999 y 2000-2005.....	28
Tabla 6. Principales exportadores y precios de exportación según valor FOB en peso Chileno (CP) para el año 2010.....	31
Tabla 7. Propiedades Químicas y Físicas del Orujo.....	50
Tabla 8. Valores de Poder Calorífico de Orujo de prensa, Alperujo, Orujillo y Endocarpio.....	52
Tabla 9. Propiedades Físicas y Composición Química del Alperujo y Orujillo.....	55
Tabla 10. Comparación de propiedades según método de extracción.....	59
Tabla 11. Temperaturas y consecuencias a los órganos esenciales al desarrollo del cultivo de olivos.....	63
Tabla 12. Composición del residuo de poda de olivo.....	66
Tabla 13. Análisis elemental del residuo de poda de olivo.....	66
Tabla 14. Composición del gas del producto.....	67
Tabla 15. Análisis elemental de las cenizas.....	68
Tabla 16. Principales características de la biomasa, a saber, pellets, astillas y residuos agroindustriales.....	72
Tabla 17. Requerimientos energéticos de almazara según tamaño.....	79
Tabla 18. Consumo eléctrico según toneladas de producción y tipología de almazaras.....	80
Tabla 19. Potencia media instalada de cada etapa de producción.....	81

Tabla 20. Consumo eléctrico según fases de producción.....	81
Tabla 21. Descripción, Consumo energético y factores que influyen en un mayor consumo según etapas de producción.....	82
Tabla 22. Parámetros y valores para obtención de indicadores de VAN y TIR...	89
Tabla 23. Resultados de Poder Calorífico Superior y Humedad para endocarpios de especies Arbequina, Arbosana, Koroneiki.....	92
Tabla 24. Resultados de Cenizas y Humedad para endocarpios de especies Arbequina, Arbosana, Koroneiki.....	92
Tabla 25. Resultados de porcentaje de N, P y K en cenizas de endocarpios.....	93
Tabla 26. Resultados de la VAN y TIR utilizando la planta de generación solo para satisfacer necesidades de almazara (Caso 1).....	95
Tabla 27. Resultados de VAN y TIR utilizando la planta de generación durante todo el año (Caso 2).....	96
Tabla 28. Tabla comparativa de los valores de VAN y TIR para los casos en estudio.....	97

AGRADECIMIENTOS

NOMENCLATURA

COT	Carbono orgánico total
DBO	Demanda Biológica de Oxígeno (mg/L)
DQO	Demanda Química de Oxígeno (mg/L)
Ha	Hectáreas
OM	Almazara
SS	Solidos Suspendidos (mg/L)
Ton	Toneladas
UE	Unión Europea
PCS	Poder Calorífico Superior (Kcal/kg)

RESUMEN

A nivel nacional como parte esencial de las actividades agroindustriales se tiene la relacionada con el cultivo del árbol de olivo y la extracción del aceite contenido en sus frutos, a saber, la elaiotecnia. Esta actividad productiva tiene como principal objetivo extraer el aceite del fruto del árbol de olivo en sus distintas variedades, utilizando entre sus herramientas procesos físicos y/o químicos a toda escala, con el fin de obtener un producto final (aceite) de alta calidad en términos alimentarios. Producto caracterizado por su alto contenido nutricional y considerables efectos saludables, debido a la presencia de importantes agentes antioxidantes, ácidos grasos mono insaturados y medicamento esenciales, como es el caso del ácido Linoleico. Debido al crecimiento industrial a nivel mundial la actividad se realiza a gran escala, con sistemas de cultivos súper intensivos y métodos de extracción continua. Específicamente dos métodos, el método de extracción de tres fases (el más antiguo, iniciándose desde mediados de la década del 70) y el de dos fases (más actual, desde mediados de la década del 90), también conocido como el método ecológico, debido a que no utiliza elevadas cantidades de agua en su proceso como lo hace su predecesor, por lo tanto, la solución al uso desmedido del agua queda en la implementación del método ecológico. Ahora, usando mesuradamente el agua en el proceso, se tiene en consideración que el problema ambiental asociado a la actividad responde principalmente frente a la premisa que dice relación entre el peso del aceite y la aceituna que lo contiene, por ende, entre los subproductos obtenidos de la extracción del aceite. El aceite contenido en el fruto es aproximadamente el 20% del peso de la aceituna, por lo que junto con producir el aceite, se produce en peso al menos cuatro veces la cantidad de aceite, pero en subproductos con poca valorización. Es así como la valorización de los residuos que emana dicha actividad llega a ser un requerimiento imperante en la industria asociada. Por tal razón la presente tesis busca valorizar uno de los principales residuos de la actividad olivícola, a saber, los endocarpios contenidos

en la aceituna. Para ello en aspectos técnicos se analizaron las características de los endocarpios para la utilización como biomasa en planta de generación de electricidad, por medio del análisis de Poder Calorífico Superior, las cenizas que este genera y la caracterización de las mismas. En el aspecto económico se analizaron los indicadores VAN y TIR para dos casos específicos.

De los resultados del presente trabajo se concluye que la autogeneración de electricidad a partir de endocarpios provenientes de la industria del aceite de oliva en tres especies utilizadas en la zona centro del país resulta técnicamente viable, con características que permiten el uso de dichos residuos en la generación de energía eléctrica debido a su alto poder calorífico, más en términos económicos tal valorización no es viable. Esto principalmente por causa del elevado valor de inversión para una planta de generación y el bajo requerimiento eléctrico a suplir, por lo tanto, la unión de tales disparidades de producción y demanda establece la inviabilidad económica.

1. INTRODUCCION

Por más de 6000 años, el olivo cultivado se ha desarrollado por las civilizaciones comprendidas en el territorio cercano a la costa del mar del Mediterráneo, en la parte sur poniente de Europa con un desarrollo desde pequeños olivares tradicionales a métodos continuos e industriales de extracción. En la actualidad es sabido que más de 9,4 millones de ha están destinadas al uso del olivar en dicho lugar. Esto es de vital importancia considerando la creciente inclusión de nuevas plantaciones, como es el caso de lo que ocurre en California, Chile, Argentina, Sudáfrica y Australia.

En el mercado mundial de la producción y comercialización del aceite de oliva, se tiene que la producción es de aproximadamente 1,5 millones de ton de aceitunas de mesa y 16 millones de ton de olivas que se procesan en 2,56 millones de ton de aceite en todas sus diferentes variedades (Vossen, 2007), siendo esto aproximadamente el 90% de la producción olivícola mundial en la actualidad. Los principales países productores son España, Italia y Grecia, que para la temporada del año 2004 llegaron a producir aproximadamente en conjunto el 85% del volumen mundial total producido en ese año (Agenda para la Innovación Agraria; 2004), existiendo una estructura de mercado del tipo monopólico, monopolio controlado por estos tres grandes productores, que a su vez llegan a ser los tres más grandes exportadores de aceite y consumidores del mismo.

Considerando las temporadas 2004 (información final) y 2012 (información proyectada), se tiene la siguiente información. España cuenta con cerca de un cuarto de la superficie del mundo destinada al olivar, con 2,42 millones de ha de árboles de olivo cultivados y aproximadamente entre el 36 al 43% de la producción mundial de aceite de oliva (entre 800.000 a 1.347.400 ton/año), que lo ubica como el principal productor. Italia en tanto, ocupa el segundo lugar, con 1,43 millones de

ha y aproximadamente entre el 24 al 14% del volumen de producción de aceite del mundo (entre 520.000 a 440.000 ton/año). Finalmente Grecia ocupa el tercer lugar, con una producción entre el 17 al 9,94% (400.000 a 310.000 ton/año) de la producción mundial de aceite, y es el cuarto de la superficie cultivada, con 2,55 millones de ha de olivos (1,03 millones de ha). Juntos, los tres grandes productores mencionados son los controladores del mercado.

Para la temporada 2012 se espera que estos tres grandes productores lleguen a producir el 67,23 % de la producción mundial con proporciones similares a las presentadas en la temporada 2004. Porcentaje equivalente a 3,12 millones de ton de aceite de oliva.

Las relaciones existentes entre quienes componen el mercado a nivel mundial establecen una tendencia entre los años 2004 al 2010 que promueven la disminución de la producción de aceite por parte dos de los tres grandes productores, a saber, Italia y Grecia y con ello se denota un aumento del volumen de producción por parte de España, cambios de volúmenes de producción que mantienen el nivel establecido por estos tres grandes productores en el transcurso de los años, nivel que queda reflejado en la producción próxima al 70 % del volumen total producido a nivel mundial (Informe Anual de Mercado, 2010).

En lo que respecta a los años entre el 2010 al 2012 se ha visto la modificación de la tendencia observada en los seis años anteriores. En este caso existe una pequeña tendencia a la disminución de la producción por parte de España equivalente al 2% de la producción mundial por año, es decir, alrededor de 60.000 Ton en cada temporada acumulativamente. Mientras que en el caso de Italia y Grecia han disminuido sus volúmenes de producción en baja proporción, reflejada en pocas décimas del porcentaje total de producción a nivel mundial.

La figura 1 indica las variaciones en la producción de los tres grandes productores de aceite de oliva en las temporadas desde 2009/2010 hasta 2011/2012 con la inclusión de la temporada 2004/2005.

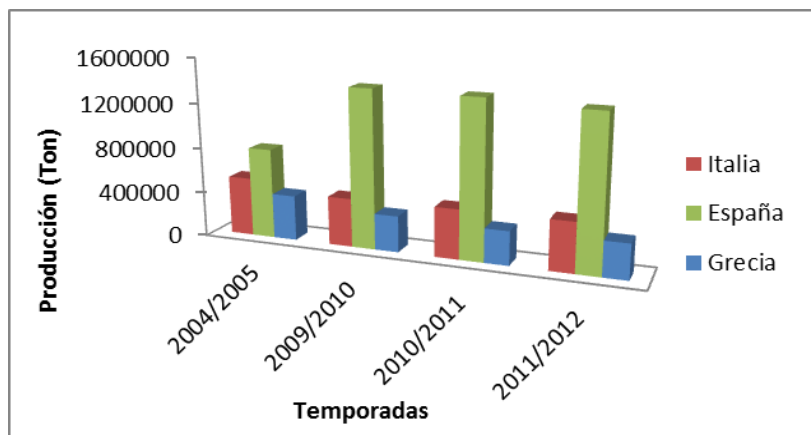


Figura 1.- Producción de aceite de oliva de España, Italia y Grecia en las temporadas del 2009/2010 al 2011/2012 y 2004/2005

El mercado ha mantenido y se espera que mantenga su estructura monopólica de control por parte de estos tres grandes productores en lo que respecta a los años venideros, más es necesario tener en consideración que con el tiempo están apareciendo nuevos productores que temporada a temporada aumentan su producción acumulativamente, tal como es el caso de Túnez, Siria, Turquía, Marruecos, Argentina y Chile, entre otros (Bustamante y Cortes. 2012).

En la tabla 1 se muestran los valores de producción de aceite de oliva a nivel mundial entre los años 2009 al 2012. Valores que permiten reconocer las interacciones entre los productores, especialmente entre los tres grandes controladores del mercado.

Tabla 1.- Producción de Aceite de oliva a nivel mundial 2009/2010, 2010/20122 y 2011/2012.

<i>País</i>	<i>2009/2010 (a)</i>		<i>2010/2011 (b)</i>		<i>2011/2012 (c)</i>	
	<i>Toneladas</i>	<i>%</i>	<i>Toneladas</i>	<i>%</i>	<i>Toneladas</i>	<i>%</i>
España	1.401.500	47,13	1.389.600	45,79	1.347.400	43,19
Italia	430.000	14,46	440.000	14,50	440.000	14,10
Grecia	320.000	10,76	300.000	9,89	310.000	9,94
Portugal	62.500	2,1	62.900	2,07	71.800	2,3
Francia	5.700	0,19	5.600	0,18	5.200	0,17
Chipre	4.200	0,14	6.500	0,21	5.600	0,18
Eslovenia	700	0,02	700	0,02	700	0,02
Subtotal UE	2.224.600	74,81	2.205.300	72,67	2.180.700	69,89
Túnez	150.000	5,04	120.000	3,95	150.000	4,81
Siría	150.000	5,04	180.000	5,93	200.000	6,41
Turquía	147.000	4,94	160.000	5,27	180.000	5,77
Marruecos	140.000	4,71	130.000	4,28	120.000	3,85
Argelia	26.500	0,89	50.000	1,65	54.500	1,75
Argentina	17.000	0,57	16.000	0,53	15.000	0,48
Jordania	17.000	0,57	21.000	0,69	22.000	0,71
Libia	15.000	0,5	15.000	0,49	15.000	0,48
Chile	12.000	0,4	16.000	0,53	22.000	0,71
El Líbano	9.000	0,3	14.000	0,46	18.000	0,58
Albania	5.000	0,17	8.000	0,26	7.000	0,22
Croacia	5.000	0,17	5.000	0,16	5.000	0,16
Irán	4.000	0,13	2.500	0,08	6.000	0,19
Israel	3.500	0,12	9.500	0,31	7.500	0,24
Egipto	3.000	0,1	3.000	0,1	10.000	0,32
Montenegro	500	0,02	500	0,02	500	0,02
Otros	44.400	1,49	62.700	2,07	84.800	2,72
Total	2.973.500	100,00	3.034.500	100,00	3.120.000	100,00

(a) Cifras finales, (b) Cifras provisionales, (c) Cifras estimadas. Elaborado por ODEPA con cifras del Consejo Oleícola Internacional (COI), Noviembre 2011.
Fuente: Bustamante y Cortés, (2012). ODEPA.

La producción queda determinada por la forma en que se trabaja el cultivo, de manera tal que el rendimiento depende de ciertas condiciones y parámetros de trabajo. La mayoría de los huertos de olivo con sistema de regadío de secano, presentan un rendimiento promedio por ha de aproximadamente 0.5 ton de fruta, pero las buenas huertas de regadío tecnificado pueden producir 10 veces esa cantidad (Comisión Europea, 2003), mientras que según conversaciones personales con Iván Villablanca (Gerente AgroReservas de Chile SpA) se espera que desarrollando el cultivo a base de sistema súper intensivo y riego tecnificado se pueda obtener rendimientos entre 10 a 12 ton por ha (esto en Chile). Por lo tanto, la producción aumenta según el tipo de sistemas de cultivo y regadío, siendo el sistema súper intensivo y el regadío tecnificado los que mayor rendimiento producen. Producción que incide altamente en las acciones posteriores de comercialización y exportación. La tabla 2 muestra los valores de exportación de los principales países exportadores, según producción en base a sistema súper intensivo y regadío tecnificado.

Tabla 2.- Exportación de aceite de oliva en temporada 2009/2010.

Exportaciones 2009/2010		
País	1000 Toneladas	% Exportación Mundial
CE	424	60,2
Italia	265	28,2
España	210	24,8
Túnez	110	22,2
Portugal	35	4,7
Siria	30	4,2
Argentina	19	2,7
Grecia	10	1,7
Australia	8	0,8
Chile	3	0,3

Fuente: Bustamante y Cortés, (2012). ODEPA.

En la temporada 2009/2010 la producción trajo consigo valores específicos de exportación, valores que envisten a Italia y España como los grandes exportadores a nivel mundial con altos volúmenes de exportación. En el caso de Chile, en la misma temporada exportó el 0,3% del total exportado a nivel mundial (Informe anual del mercado, 2010).

Los países con más alto consumo de aceite de oliva son también los países miembros de la UE. Los principales países importadores son Estados Unidos y los países de la UE. Mientras que Italia es el principal consumidor mundial, concentrando el 29% del total mundial, seguida por España con un 20,5% y Grecia con 10,8%. A más distancia, en el cuarto lugar, se encuentra Estados Unidos, con un consumo equivalente al 6,9% del total mundial, que lo sitúa en el primer lugar entre los países consumidores que no son principalmente productores. Luego se sitúa Siria, seguida por Francia y Portugal.

En el caso de Chile como un nuevo productor, tenemos que según información del VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal (INE. 2007), en el país existían 16.621 ha plantadas con olivos. La información recopilada de los agentes del mercado nacional permiten estimar unas 21.500 ha a mayo de 2009, distribuidas en pequeños valles interiores del valle central y secano costero entre las Comunas de Arica, Región de Arica y Parinacota, y Los Sauces, en la Región de la Araucanía (Iglesias, 2009). En el presente se estima que la superficie de olivos cultivados en hectáreas bordea las 30.000, las que están distribuidas en más de 40 olivares de distinto tamaño y nivel de producción (Conversación personal con Daryl Wilkendorf, Vicepresidente operacional de Agreserves SCL). Con respecto al consumo se estima que el consumo local es de aproximadamente unas 2.000 toneladas, que son abastecidas en un 50% por aceite de oliva producido en Chile (Agenda para la Innovación Agraria. 2004).

En relación a la producción de aceites es posible denotar alrededor de 19 estilos clásicos de aceite de oliva producido en el mundo, principalmente sobre la base de variedades específicas cultivadas en diferentes regiones (Vossen, 2007), es así como el de mayor valor es el aceite de oliva extra virgen (EVOO), el cual se obtiene en la actualidad a partir de múltiples variedades; principalmente alrededor de 20 especies, las cuales se han importado en California, Sudáfrica, Australia, Nueva Zelanda, Chile y Argentina (Vossen, 2005), a saber, *Frantoio*, *Arbequina*, *Picual*, *Biancolilla*, *Coratina*, *Leccino*, *Arbusana*, *Sevillano*, entre otros (Ibacache, 2007).

Esto debido a que estas variedades permiten un sistema con elevada densidad de cultivo que a su vez aumenta la producción del aceite en los nuevos sistemas de extracción disminuyendo el tiempo de espera para la maduración del fruto. Los sistemas de cultivos antiguos son los de tipo tradicional o marginal, mientras que los más usados actualmente son intensivos y súper-intensivos, estos últimos con marcos de plantación de norte a sur de 4 x 2; 4,5 x 2,5; 4 x 1,5 metros, lo que en definitiva es propio de recientes plantaciones en los nuevos productores internacionales (Argentina, Australia, China, Chile, etc.) (Vilar et al., 2005; Vilar et al., 2006). Los valores que se esperan obtener en cuanto al rendimiento por hectárea al utilizar este sistema de cultivo oscila entre entre 10.000 y 15.000 Kg por ha. (Pastor et al., 2005). La figura 2 muestra un ejemplo de la orientación y marco de plantación de un sistema súper intensivo de cultivo.



Figura 2.- Sistema súper intensivo con marco de plantación 4,0 x 1,5 m de cultivo (Finca Ranchíles, Cádiz, España).

Con respecto a los sistemas de extracción utilizados, estos han sido modificados (Di Giovacchino et al., 1991) desde el uso tradicional del método discontinuo de extracción hasta la actual introducción de sistemas más potentes y de ciclo continuo, permitiendo un sustancial crecimiento de la capacidad productiva. En el sistema continuo, la extracción del aceite se realiza por acción de la fuerza centrífuga sobre la pasta de oliva recurriendo a máquinas rotativas horizontales de elevada velocidad (decantadores). Al inicio, los decantadores estaban dotados de dos salidas, una para la fracción más rica en aceite y otra para la fracción más sólida y húmeda. Este hecho implicaba un gran problema en la separación de los componentes de las diversas fracciones, por ejemplo era difícil la rotura y separación de la emulsión vaceite/agua de vegetación (Alba et al., 1994). Como resultado de la innovación tecnológica se propusieron los decantadores de tres salidas o fases capaces de separar los tres constituyentes principales de la aceituna: aceite, agua de vegetación y sólidos (Tardáguila et al., 1996). En la figura 3 se muestra el diagrama del sistema de dos y de tres fases de extracción de aceite de oliva.

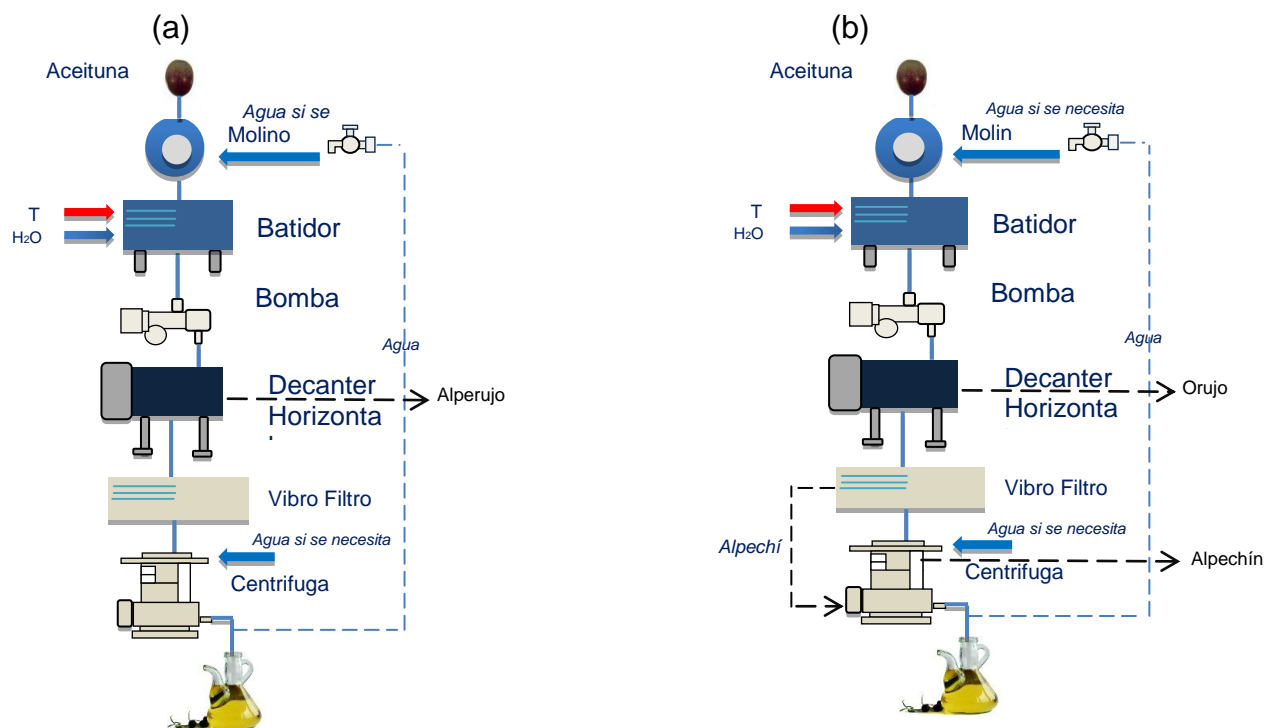


Figura 3.-Diagrama del sistema de extracción de aceite de oliva. (a) Dos fases y de (b) Tres fases (Tardaguila et al., 1996)

En el caso de sistemas de extracción de dos o tres fases los principales residuos son agua vegetal (Alpechín, típico del sistema de tres fases), residuos sólidos con poca humedad (Orujo, típico del sistema de tres fases) y residuos sólidos con humedad (Alperujo, típico del sistema de dos fases) (Vossen et al., 2000). En términos generales, se tiene que en España aproximadamente el 90% de las almazaras utiliza el sistema de extracción de dos fases por sobre su predecesor de tres (Torrecilla et al., 2001). Los principales residuos se muestran en la figura 4.

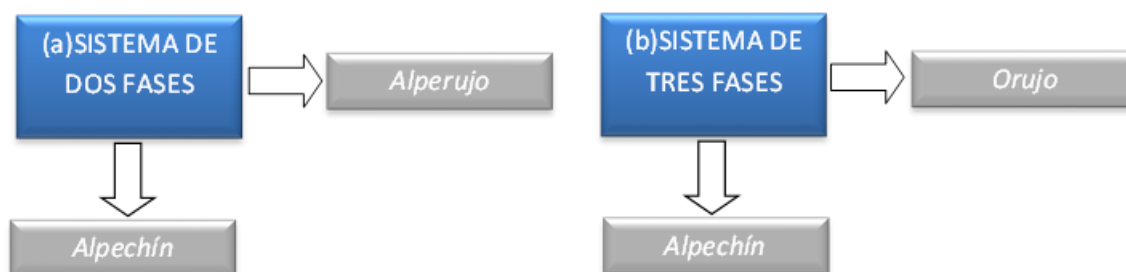


Figura 4.- Residuos provenientes de la industria del aceite de oliva por (a) sistema de dos fases y (b) sistema de tres fases (Confección personal).

El Alpechín puede ser un contaminante significativo debido a su alta carga orgánica. Si se añade a las vías fluviales naturales este puede causar daños a la vida acuática por causa de la alta demanda biológica de oxígeno que aporta, expresado en su alto DBO (Vossen et al., 2000). Este compuesto de agua, tejidos vegetales, sales, materia orgánica, combinación que no es tóxico para organismos superiores, pero que es difícilmente biodegradable y asimilable en los ecosistemas debido a sus vertidos puntuales y alto DQO, DBO, SS y componentes grasos, por ende llega a modificar las condiciones de los ecosistemas que lo reciban.

Este residuo líquido varía en composición y propiedades debido a los diferentes sistemas de obtención de aceite, variedades y estado de la aceituna según sean los parámetros utilizados en el proceso de extracción (Águila et al., 1996), a saber, especie de cultivo, grado de madurez, temperatura, tiempo de batido, entre otros.

El orujo en tanto presenta una humedad aproximada del 49% y un contenido graso aproximado a un 7% (referido a la materia seca) (Alba et al., 1997). Este residuo puede considerarse de nulo interés comercial, con la excepción de la recuperación del aceite residual (Alba et al., 1994), aunque para la presente tesis llega a ser de importancia e interés. Este posee características similares al alperujo con la diferencia que presenta una menor humedad, más la utilización para una segunda extracción es válida para ambos y por ende la reutilización del mismo no depende del sistema de extracción utilizado, sino de sus componentes activos.

El alperujo presenta un contenido graso aproximado del 9% (referido a la materia seca) y una humedad comprendida entre el 60 y el 66% (Alba et al., 1997). Desde el punto de vista físico, presenta un aspecto semejante a los lodos de depuradora (slurry) (Torrecilla et al., 2001). Asociado tiene muchos problemas ambientales debido a su alto contenido orgánico y la presencia de componentes fitotóxicos que hacen su uso más difíciles en bioprocesos posteriores (Rodríguez et al., 2007). Mas es necesario considerar que en la actualidad se trabaja en la utilización de tal residuo como abono orgánico por medio del proceso de compostaje.

La producción de aceite y sus asociados residuos han traído consigo la considerable y creciente preocupación por la emanación de estos. Los incidentes de contaminación por la descarga incontrolada de alpechín, y los problemas asociados a los estanques de evaporación ejercen presión en la búsqueda de una solución para los problemas ambientales (Alba et al., 2001).

Por otro lado, la incapacidad para desarrollar una adecuada y económica tecnología de tratamiento de aguas residuales para convertir el alpechín en un efluente inocuo tiene a los fabricantes líderes de tecnología enfocados en solucionar el problema (Borja et al., 2006), es decir, las opciones de reutilización, revalorización y/o depuración de los mismos son de vital importancia para la industria de la elaiotecnia y deben tenerse en consideración como parte del proceso productivo debido a que si no están presentes, simplemente no podrá comercializarse el producto en cuestión (según legislación ambiental de cada país).

Bajo ese contexto histórico fue que en 1992 se desarrolló el conocido como sistema "ecológico" de extracción de aceite de dos fases, el que no utiliza agua de proceso, y que es capaz de obtener el aceite en la fase líquida y un orujo muy húmedo (alperujo) como el residuo sólido. Esta tecnología ha despertado el interés especial, debido a que los suministros de agua están restringidos y/o el efluente acuoso se debe reducir (Niaounakis y Halvadakis, 2004), además de la ventaja del notable ahorro hídrico y energético, la calidad del aceite proveniente del sistema de dos fases es superior, presentando un contenido en poli fenoles mayor que el aceite del sistema de tres fases (Alba et al., 1992; Uceda et al., 1995).

Aunque los residuos de almazaras representan un problema de eliminación importante y potencialmente un problema de contaminación grave para la industria, también son una prometedora fuente de sustancias de alto valor. En las aceitunas, hay una gran cantidad de compuestos bio-activos, muchos de ellos se sabe que tienen propiedades beneficiosas para la salud. Durante el procesamiento de aceite de oliva, la mayoría de los compuestos bio-activos permanecen en los desechos (Lesage-Meessen et al., 2001)

En el presente la utilización del sistema "ecológico" de extracción de dos fases es el que predomina por sobre el de tres fases por lo que los principales desechos

que se asocian a la industria son el alperujo por sobre el alpechín, por ende, es este el que debe ser sometido al aprovechamiento industrial en pos del beneficio de quien lo produce (Torrecilla et al., 2001).

Aprovechamiento que en el caso específico de Chile, se dirige a la generación de energía eléctrica, debido a que nacionalmente el país tiene una proyección de crecimiento superior a la registrada en el año 2011 de 6,3% (Estrategia Nacional de Energía 2012-2030) y con ello se proyecta un elevado requerimiento de energía eléctrica a nivel nacional, es decir, la posibilidad de generar energía eléctrica por medio del aprovechamiento de residuos sólidos de la OM, llega a ser una opción viable y necesaria para mantener la industria en el tiempo.

1.1. PRODUCCIÓN DE OLIVAS EN CHILE

La actividad productiva en Chile comienza a crecer en el año 2005 y desde tal fecha a la actualidad ha presentado una tendencia considerable al crecimiento, tendencia que va de la mano con las modificaciones del mercado mundial que permiten la aparición de nuevos productores. Es así como en cuanto al volumen de producción de aceite de oliva, el país arrojó en las temporadas 2009/2010 la cantidad de 12.000 ton, mientras que en la temporada de 2010/2011 fue aproximadamente 16.000 ton, para finalmente establecer una proyección en la reciente temporada de 2011/2012 de aproximadamente 22.000 ton de aceite de oliva, con porcentajes consecutivos para los valores previamente expuestos de 0,4; 0,53 y 0,71 de la producción mundial.

El hito referencial en lo que producción respecta está en el año 2012, (temporada 2011/2012), temporada en la que se espera por primera vez en la historia de la actividad industrial superar los volúmenes de producción obtenidos por uno de

nuestros principales contendores, a saber, Argentina. Con esto la actividad olivícola en Chile comienza poco a poco a consolidarse en esta parte del mundo.

En lo que respecta a la superficie cultivada, Chile presenta un creciente uso de suelo para cultivo del olivar, aumentando desde 4800 ha en el año 2005 hasta una proyección de 33.000 ha para el año 2020. Con ello es posible conocer catastros que indican que de un total proyectado en superficie, en la actualidad se utiliza un 12%, porcentaje que permite el aumento del uso del mismo (Informe anual del Mercado, 2010). La tabla 3 muestra el desarrollo anual en cada año desde el 2005 a la actualidad con proyecciones para las temporadas venideras.

Tabla 3.- Superficie cultivada de olivar en Chile entre los años 2005 al 2010 con proyección en el año 2015 y 2020.

Superficie Cultivada en Chile	
Año	Hectáreas
2005	4800
2006	6000
2007	12000
2008	16000
2009	20000
2010	24000
*2015	*29000
*2020	*33000

*Proyecciones

Fuente: Informe anual del mercado, 2010

Junto con el aumento del uso de superficie para el olivar, está el crecimiento del volumen de producción, crecimiento que responde al incremento de la demanda del producto y la expansión del mercado a nuevos puntos de comercialización. Los nuevos consumidores llegan a ser uno de los motivos por el cual la actividad tiende al aumento, junto con la factibilidad técnica de la misma.

La tabla 4 muestra el desarrollo de la producción en Chile desde el año 2005 al presente año.

Tabla 4.- Producción de aceite de oliva en Chile entre los años 2005 al 2010 con proyección en el año 2015 y 2020.

Producción de aceite de oliva en CHILE	
Año	Toneladas
2005	1800
2006	2400
2007	5600
2008	6500
2009	8500
2010	12000
2011	16000
2012	22000

Fuente: (Informe anual del mercado, 2010)

Recorriendo la evolución del mercado nacional y la producción de aceite, es posible observar que en el periodo 1991/1999 y 2000/2005 las plantaciones de olivos aumentaron en un 128,3%. Esto significa que se incorporaron 3.226 nuevas ha de Olivos, que representan el 2,6% de la superficie plantada de frutales a nivel nacional (CIREN, 2005). Aunque inicialmente todo se dirigía al cultivo de aceitunas para aceitunas de mesa, más desde el año 2005 en adelante comienza el crecimiento de la producción de olivos para aceite de oliva.

La distribución indica que la III Región concentra el 41,8% de la superficie plantada de olivos en el país, seguida de la IV Región con un 21,5%. Esta región quintuplicó la superficie plantada en el último período. El resto de las regiones (V a la VII), agrupa un 35,9% de estas plantaciones. La III y IV Región en conjunto, presentan 1.812 nuevas ha; las regiones V y VI registran 234 y 481 ha de plantaciones nuevas respectivamente. El 60% de la superficie plantada con olivos

corresponde a variedades de mesa y el 40% restante a variedades aceiteras. La variedad Sevillano (principal variedad de mesa) es la más importante, su superficie corresponde al 38,2% del total plantado con olivo en el país. Se encuentra en todas las regiones, concentrándose el 58,6% en la III Región con 1.319,7 ha y el 16,1% en la Región Metropolitana con 362,14 Ha. En la V y IV Región, esta variedad presenta cifras similares, correspondiendo a un 9,8% y 9,7% respectivamente. Respecto de las variedades usadas en elaboración de aceite de oliva, las principales son Frantoio 494,96 Ha, Arbequina 467,41 Ha, Kalamato 309,22 Ha, Leccino 235,81 Ha, Coratina 216,37 Ha, Picual, 160,73 Ha y Biancolilla 157,56 Ha. Estas variedades muestran un creciente aumento de superficie llegando a 2.041 Ha en el último período (CIREN, 2005). La tabla 5 muestra el aumento de la superficie en hectáreas destinadas al cultivo del olivo entre los años 1990 al 1999 y 2000 al 2005 con los aumentos asociados a cada región en que se distribuye la actividad agrícola.

Tabla 5.- Variación de la superficie de olivos 1990-1999 y 2000-2005.

Región	Superficie (1) 1991/1999	Superficie (2) 2000/2005	Diferencia de Ha
III	1592	2404,4	812,4
IV	230,4	1232,1	1001,7
V	249,1	483,2	234,1
R.M.	285,9	607,9	322
VI	101,8	583,5	481,7
VII	33,77	386,9	353,1
VIII	22,31	39,6	17,2
IX	-	4	4
Total	2515,3	5741,6	3223,3

Fuente: CIREN (2005).

Según La Oficina de Estudios y Políticas Agrarias ODEPA, en la temporada 2007/2008 se elaboraron 6.500 ton de aceite de oliva extra virgen, varietales y mezclas de variedades, de las cuales alrededor de 86% se destinó al mercado

interno y el resto a exportación. Diez regiones del país realizaron exportaciones de aceite de oliva extra virgen. En 2008 se exportaron 854 toneladas, por un valor CIF de 5,1 millones de dólares, cifras superiores en 52% y 62% en cantidad y valor, respectivamente, en relación a 2007. La información disponible del Servicio Nacional de Aduanas indica que las regiones exportadoras de aceite de oliva extra virgen más importantes en 2008 fueron la Región Metropolitana (64%), la Región de Coquimbo (13%) y la Región del Maule (11%).

En el primer cuatrimestre de 2009, figuran la Región Metropolitana, la Región de Coquimbo y la Región del Libertador Bernardo O'Higgins como las más relevantes con cifras que presentaron incrementos de 9,8% y 52,1% en cantidad y valor, respectivamente, en relación a iguales meses de 2008 (Iglesias, 2009).

Se hicieron envíos a catorce países de Europa y América, especialmente. En orden decreciente, los destinos principales fueron Venezuela, Estados Unidos, España y Brasil. Se observó una disminución importante de las exportaciones al Oriente Medio y a Asia. "Otros" incluye exportaciones por cerca de 23 mil dólares FOB a Argentina, Costa Rica, Ecuador, Perú, Austria y Bélgica (Iglesias, 2009).

Respecto de los precios de exportación, en 2008 tuvieron un alza promedio de 6,6% respecto del precio promedio de 2007, para alcanzar a US\$ 5.973/ton, con un máximo de US\$ 20.099/ton (Singapur) y un mínimo de US\$ 3.400/ton (España) (Iglesias, 2009). Valores que permiten creer que económicamente es una actividad productiva con la tendencia a aumentar su desarrollo y permanencia en el país.

Durante el período enero-abril de 2009 tuvo lugar un alza importante del precio promedio, llegando a US\$ 8.564/ton. Esto ha significado un incremento de 52,1% en el valor de las exportaciones respecto de igual período de 2008, el que alcanzó a 2,3 millones de dólares FOB. Algunos precios promedios de exportación durante 2009 han experimentado disminuciones importantes (Ecuador y Uruguay), pero en

otros casos se han presentado alzas entre 16% (Bélgica) y 54% (Brasil), respecto de los precios de enero-abril de 2008. Las exportaciones a estos países tuvieron un aumento de cerca de US\$ 2.000/ton en su precio medio respecto de enero-abril de 2008, subiendo a US\$ 14.067/ton y US\$ 5.851/ton, respectivamente (Iglesias, 2009). Según los datos provistos por aduanas la proporción de la exportación está en 36% de aceite embotellado y 64% a granel, información importante al momento del establecimiento de los programas de comercialización del producto. La figura 5 muestra el desarrollo del proceso de exportación en Chile desde el año 2003 al 2010

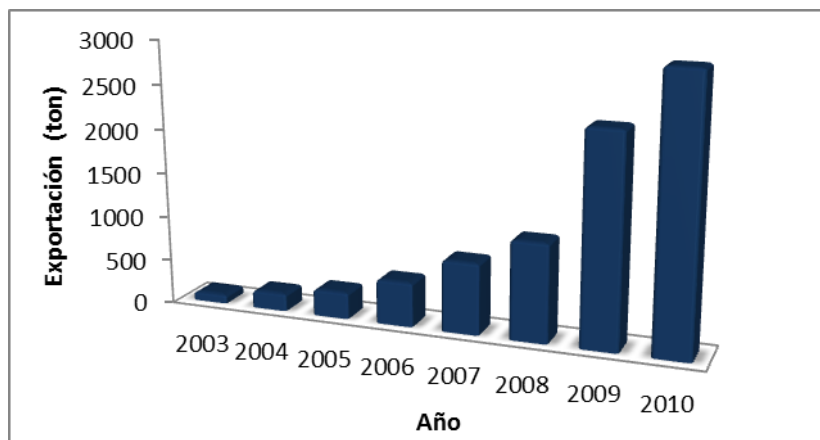


Figura 5.- Exportación de aceite de Oliva Chileno entre los años 2003 al 2010 (Informe anual del mercado, 2010).

Con respecto al consumo nacional de aceite de oliva es posible dilucidar que también ha experimentado un aumento en los últimos años, debido a la promoción de sus características nutritivas y sensoriales. El consumo per cápita estimado para el año 2010 fue de alrededor de 568 gramos por persona, lo que representa un aumento del 30% con respecto al consumo del año anterior. Esta tendencia nos indica que los consumidores chilenos están optando por consumir mayor

cantidad de aceite de oliva en sustitución de otros aceites vegetales y es por ello que el consumo en estos últimos años ha aumentado, sin embargo aún hay una tarea importante por educar al consumidor acerca de los beneficios y cómo utilizar e incorporar el aceite de oliva en la dieta diaria (Informe anual del mercado, 2010). Se espera que dentro de un par de años el consumo nacional llegue a valores de 900 gramos por habitante. Estimación basada en el crecimiento del consumo, el que va de la mano con el incremento en la producción. La figura 6 muestra el desarrollo ascendente del consumo per cápita de aceite de oliva en Chile.

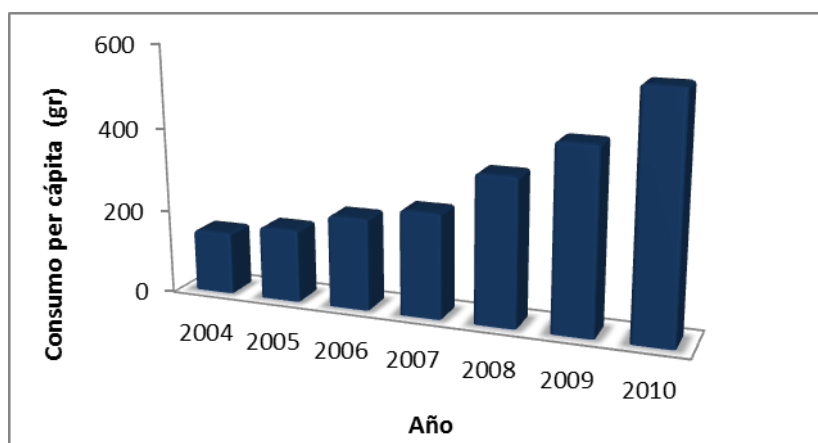


Figura 6.- Consumo per cápita de aceite de oliva en Chile entre los años 2004 al 2010 (Informe Anual del mercado, 2010).

Según la estructura del mercado nacional los productores distribuyen su producción entre la exportación y la comercialización interna en el país, es así como la tabla 6 muestra en este caso específico los principales productores que dentro de la proporción exportan parte de su producción, con los precios de venta según FOB en pesos Chileno asignados al año 2010.

Tabla 6.- Principales exportadores y precios de exportación según valor FOB en peso Chileno (CP) para el año 2010 (información de Aduana).

Razón Social	Cantidad de Mercancía (Kg)	% Mercancía	Valor FOB (CP)	% FOB
Olivos del Sur S.A	487.488	15,9	2.716.970	21,9
Inversiones Monte Los Olivos	628.586	20,6	2.098.910	16,9
Valle Grande S.A	241.343	7,9	1.844.325	14,9
Agroindustrial Siracusa S.A	285.964	9,4	930.369	7,5
Soc. Exp. Olivares de Quepu LTDA.	246.304	8,1	830.937	6,7
Borges Chile S.A.	322.95	10,6	799.572	6,5
Nova Oliva SPA.	239.215	7,8	739.236	6,0
Agroindustrial Huaquen S.A.	93.341	3,1	468.701	3,8
Hornillas S.A.	92.624	3,0	320.107	2,6
Inversiones Betica LTDA.	111.890	3,7	304.307	2,5
Agrícola Noroliva S.A.	98.650	3,2	261.423	2,1
Las Doscientas S.A.	56.009	1,8	245.092	2,0
Silva Donoso	23.427	0,8	130.182	1,1
Viña Los Vascos S.A.	9.475	0,3	85.886	0,7
Terramater S.A.	10.224	0,3	75.285	0,6
De Rossetti LTDA.	26.703	0,9	69.066	0,6
Comercial de Prod. Art.	14.087	0,5	63.072	0,5
Viña San Rafael S.A.	12.660	0,4	54.358	0,4
Team Food Chile LTDA.	7.760	0,3	53.631	0,4
Olivares de Quepu S.A.	5.337	0,2	53.373	0,4
Agric. San José de Peralillos	4.410	0,1	29.968	0,2
Agro Sevilla Chile LTDA.	11.970	0,4	29.925	0,2
Viña San Pedro de Tarapacá S.A.	3.508	0,1	25.850	0,2
Exportadora Transcommerce LTDA.	2.664	0,1	20.630	0,2
Shine Chile Proyectos e Inv.	1.351	0,0	18.635	0,2
Sleman Astudillo	2.972	0,1	15.816	0,1
Empresas Carozzi S.A.	2.370	0,1	15.120	0,1
Com. El Ind.Soho S.A.	1.430	0,0	12.269	0,1
Com. Marcela Rosita Almona	819	0,0	11.771	0,1
Soc. Agr. L. Olivos de El trap. LTDA.	2.645	0,1	10.547	0,1
Olivarera Ma. Teresa Rojas A.E.	1.549	0,1	10.275	0,1
LAN Airlines S.A .	1.907	0,1	9.953	0,1
Comercial San Sebastián S.A.	1.840	0,1	6.852	0,1
Viña Von Siebenthal S.A.	721	0,0	6.475	0,1
Consultores Globales S.A.	433	0,0	4.014	0,0
Hacienda El Cóndor	471	0,0	3.142	0,0
P.Chil.Expo. Shangai SPA.	520	0,0	2.432	0,0
Agroindustrial Razeto LTDA.	177	0,0	2.076	0,0
Comercial Pobena S.A.	438	0,0	2.070	0,0
Viña San Sebastián S.A.	177	0,0	1.785	0,0
Agromar S.A.	130	0,0	1.181	0,0
Antinori Matte S.A.	251	0,0	1.002	0,0
Steinmeyer de Ferreyros	179	0,0	771	0,0
Exportadora Usalink Limitada	83	0,0	601	0,0
Comercializadora Carillo y Ri	61	0,0	458	0,0
Viñedos y Olivos Von Kremser L.	36	0,0	372	0,0
Corcorán y CIA LTDA.	13	0,0	119	0,0
Don Hugo S.A.	25	0,0	43	0,0
Empresas socias a Chile Oliva	2.182.264	71,3	9.299.728	75,1
Total	3.057.143	100,0	12.390.680	100,0

Fuente: Chile Oliva y Servicio Nacional de Aduanas, 2011

1.2. PROCESO PRODUCTIVO DE ACEITE DE OLIVA EXTRA VIRGEN

El proceso de extracción del aceite de oliva se inicia en la aceituna, el primer paso en la industria oleica. Debido a esto, su recogida y transporte tienen gran importancia ya que afectan considerablemente la calidad del aceite y rendimiento del proceso. Sin embargo, considerando que las aceitunas llegan en óptimas condiciones a la OM, podemos centrarnos en los pasos del proceso que se muestran en el siguiente esquema (Uceda et al., 2006). Con ello la figura 7 refleja los pasos de extracción en un diagrama de flujo con las entradas y salidas según unidad de proceso.

- *Operaciones previas*
 - Recepción
 - Limpieza
 - Lavado
 - Control de peso
 - Almacenamiento (opcional)

- *Preparación de la pasta*
 - Molienda
 - Batido

- *Separación del aceite*
 - Separación en fase sólida
 - Separación en fase líquida

- Almacenamiento y maduración del aceite

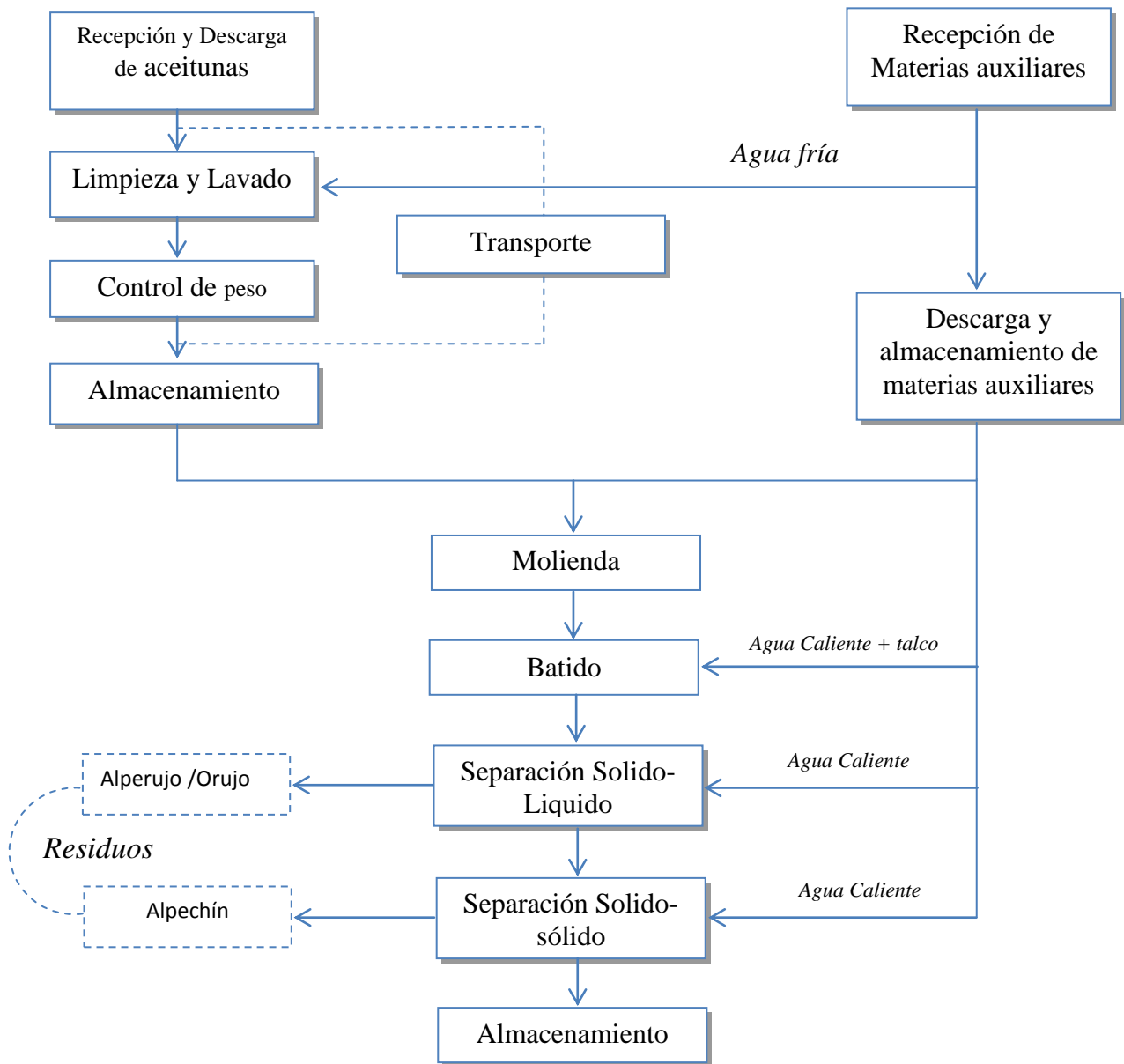


Figura 7.- Diagrama de flujo de almazara desde la recepción hasta el almacenamiento con entradas y salidas en las unidades que están presentes (Manual de ahorro y eficiencia energética del sector. Almazaras).

Operaciones previas

Cada una de las etapas que conforman el proceso continuo de extracción de aceite de oliva extra virgen, es de gran importancia en lo que respecta a la conservación de la calidad y maduración del aceite, no es la excepción el caso específico de las operaciones previas a la destrucción de la oliva para la extracción de la fase oleosa. Las operaciones previas representan un elevado porcentaje de la calidad del producto final.

- **Recepción de la oliva** es una de las prácticas básicas para obtener aceites de buena calidad, esto por medio del buen manejo de la fruta en el lugar donde esta llega luego de la etapa de cosecha y transporte. En preparación para el proceso de limpieza y lavado se receptiona la fruta en un lugar previamente establecido. Este proceso tiene que ser realizado por un gestor de zona de recepción, que tiene que evaluar visualmente las características de la fruta y decidir cómo manejar cada una de las piscinas receptoras, sabiendo que la calidad del aceite se verá influenciada por tal acción (Uceda et al., 2006). La figura 8 muestra la zona de recepción.



Figura 8.- Zona de recepción de las olivas, posterior a la cosecha y previo a la etapa de limpieza (Familia Longo Almazara, Uruguay)

- **Limpieza de oliva** consiste en la eliminación de partículas residuales dentro de los cuales se pueden encontrar olivos malogrados, las hojas y ramas pequeñas, con menor densidad que las frutas. El método permite la eliminación del desecho haciendo fluir una corriente de aire a través de la fruta (ver figura 9). Otras opciones complementarias de limpieza son los removedores de rama para eliminar las mismas que han pasado por la corriente de aire sin ser removidas (Uceda et al., 2006).



Figura 9.- Zona de limpieza de las olivas, posterior a la recepción y previo a la etapa de lavado (Familia Longo Almazara, Uruguay).

- **Lavado de oliva** se realiza cuando los frutos del suelo seleccionados y a veces las frutas cosechadas del árbol, contienen otros residuos, como la tierra, lodo y piedras pequeñas. Su separación es necesaria, ya que producen la abrasión no deseada de las máquinas en el proceso posterior de extracción, produciendo desde su des-utilización hasta la reducción del rendimiento del proceso. Estos agentes son eliminados utilizando el proceso de lavado con agua, a veces ayudado por una corriente de aire, que mueve la fruta flotando en el agua mientras que la parte más pesada es depositada en la parte inferior de la máquina donde se retiran los elementos indeseados por medio de un flujo de corriente de agua, por tamices y

agitación o movimiento de tornillos (Uceda et al., 2006). En general, los frutos de árboles seleccionados deben ser lavados, sólo cuando sea necesario. Puesto que la extracción de aceite se reduce debido a un aumento de la humedad de las frutas, con ello una baja la estabilidad oxidativa y finalmente la disminución en la puntuación sensorial debido a una reducción en el contenido de fenol (Hermoso et al., 1991). Hay que tomar la precaución de mantener el agua lo más limpia posible para evitar la formación de lodos (Aparicio et al., 2003). La prolijidad es la clave en esta etapa, tal como lo muestra a continuación la figura 10.



Figura N°10.- Zona de lavado de las olivas, posterior a la recepción y previo a la etapa de molienda (Pieralisi).

- **Control de peso** es la forma de controlar el flujo de ingreso de olivas al proceso. Luego de los procesos anteriores de recepción, limpieza y lavado se introducen las olivas en una tolva de pesada con el objeto de registrar la masa de estas. También aquí se obtienen las muestras necesarias para determinar el rendimiento graso y otros análisis (Aparicio et al., 2003). Esta etapa es de vital importancia en el proceso de cuantificación de la línea de extracción del tipo continua, además de la eficiencia y rendimiento de la

misma y de los olivos utilizados en el proceso de extracción. La figura 11 muestra el mencionado control.



Figura 11.- Control de peso en la línea continua de ingreso de olivas, posterior al lavado y previo a la preparación de la pasta.

- **Almacenamiento** es el último paso dentro de las operaciones previas. Después de lavar y limpiar, las olivas tienen que ser almacenadas hasta su molienda en una tolva de almacenamiento. Su capacidad de almacenamiento debe ser calculado a fin de regular la entrada de la fruta en el molino de aceite. Durante el almacenamiento prolongado, los frutos muestran algunas alteraciones producidas por hidrólisis espontánea, la actividad enzimática o el desarrollo de microorganismos (hongo o levadura) que finalmente reducen la calidad del aceite desde un punto de vista químico y sensorial (Camera et al., 1978). Más en la actualidad se ha apostado por el procesamiento directo de las olivas al momento mismo de la cosecha (Uceda et al., 2006).

Preparación de la pasta

La preparación de la pasta de oliva se puede separar en dos fases particulares, la molienda de las frutas y el batido de la pasta, ambas etapas se ejecutan bajo

condiciones determinadas y específicas que buscan aumentar la extracción de la fase oleosa contenida en las células del mesocarpio del olivo.

- **La Molienda** de la fruta tiene el objetivo principal de romper los tejidos de las olivas con el fin de liberar a las gotas de aceite contenido en las células del mesocarpio. En el sistema tradicional de prensa se utiliza molinos de piedra cilíndricos o cónicos truncadas cuya forma permite girar sobre una base de granito. En la actualidad con los sistemas de extracción continua la molienda se realiza con molinos de metal, especialmente molinos de martillos equipados con un tamiz simple o doble que permite aumentar su eficiencia. Los molinos de disco son esenciales durante el proceso de trituración de la fruta (Uceda et al., 2006). La investigación continua enfocada en el rendimiento de esta etapa por causa de la incidencia en la formación de la fase oleosa que más tarde llega a ser el aceite de oliva extra virgen.

Este paso es muy importante en pos de evitar las emulsiones producidas por un nivel de molienda no óptima, la adición de agua e incluso el uso de tamices de tamaño inadecuado. Por otro lado, el nivel de trituración es esencial para obtener buenos rendimientos de proceso. La molienda debe ser adaptada a las características de la fruta utilizando tamices más pequeños para las aceitunas verdes o de los cultivares con pulpa de consistencia dura, mientras que para los frutos maduros los tamices usados deben ser mayor (Uceda et al., 1989).

Para obtener un aceite de calidad, se debe evitar las trazas de metales en la pasta de olivas, debido a sus efectos negativos sobre el color y el sabor del aceite. Presencia que reduce la estabilidad del aceite a la oxidación por causa de su función como catalizador en el proceso de oxidación. Con el fin de reducir este problema de los molinos, en la actualidad se fabrican

utilizando material inerte como el acero inoxidable, aunque una eliminación completa es difícil (Uceda et al., 2006). La figura 12 muestra un típico molino de martillos circulares de material inerte.



Figura 12.- Molino para proceso de molturación de la oliva, posterior a las etapas de recepción, limpieza y lavado (Pieralisi).

- **Batido** de la pasta de oliva se utiliza para agrupar a las pequeñas gotas de aceite liberadas durante el proceso de molienda, dando una fase continua oleosa que puede separarse a posteriori. La fase oleosa se separa por batido mecánico, acción que mejora la coalescencia de pequeñas gotas en gotas más grandes rompiendo las emulsiones indeseadas de aceite/agua. La pasta de oliva amasada y batida (sometida a movimiento de batido) puede ser mejorada mediante la adición de calor, ya que esto reduce la viscosidad del aceite mejorando el rendimiento en la extracción del mismo (Hermoso et al., 1991 b). Esta operación se realiza en un termo-batidor formado por uno o más recipientes de batido en donde hojas o partes inclinadas en forma de espiral revuelven la pasta dando un efecto de corte.

Dependiendo de la ubicación del eje de rotación en el termo-batidor se pueden clasificar en mezcladores horizontales y verticales, aunque sobre la base de razones técnicas y económicas los mezcladores horizontales son los utilizados más a menudo. Este paso es esencial para alcanzar un óptimo rendimiento de aceite, especialmente cuando se utilizan molinos de martillos ya que a menudo aparecen emulsiones que pueden evitarse en este paso (Uceda et al., 2006).

Dos variables que se pueden regular en el batido de la pasta para obtener un buen rendimiento y calidad de aceite es el tiempo y la temperatura. El tiempo mínimo puede establecerse entre 60 y 90 minutos y la temperatura no debe exceder los 30°C, si es necesario se agrega un 10% de agua (Hermoso et al., 1999). Cuando no se supera el umbral de 30 °C el aceite es considerado extraído en frío. El batido tiene un aspecto café húmedo que es la mezcla entre los componentes del olivo molido, tal como muestra la figura 13.



Figura 13.- Batido de olivas en termobatidor luego del proceso de molienda y previo a la etapa de separación sólido-líquido.

Como parte esencial de la preservación de la calidad del aceite se realiza el batido en un ambiente inerte producido por un gas inerte, esto para evitar la oxidación del aceite y por ende la eliminación de los poli fenoles que más tarde son esenciales en la preservación y maduración del mismo.

La calidad y el rendimiento del aceite en el proceso presentan un antagonismo que debe ser resuelto. Por esta razón, para los aceites de alta calidad el batido se debe realizar a bajas temperaturas durante un tiempo adecuado, aunque estas condiciones pueden producir algunas dificultades durante la extracción de aceite, reduciendo la eficiencia del proceso.

Para mejorar el rendimiento y la calidad se ha comenzado a utilizar la adición de talco micronizado para pastas difíciles mejorando la estructura de la misma y reduciendo emulsiones. Visualmente, su uso trae consigo una cantidad mayor de aceite libre en el mezclador, hojas limpias de mezclado, una reducción en las emulsiones y aceites más claros en la salida de la centrífuga horizontal. La dosis oscila entre 0,5 y 2% en peso del fruto seco, dependiendo de las características de la pasta de oliva (Uceda et al., 2006).

La figura 14 muestra un termo batidor horizontal marca Pieralisi con la opción de aplicación de micro talco.



Figura 14.- Termo batidor horizontal previo a la separación sólido-líquido y posterior al proceso de molturación de los olivos (Pieralisi).

Separación

La pasta de oliva, está formada por tres componentes básicos: aceite (solución oleosa), agua (agua vegetal) y materia (alperujo). El objetivo de este paso es separar el aceite de los otros componentes asociados al mismo. El sistema más usado es el que tiene relación a las centrífugas horizontales y verticales como parte de una línea continua de extracción, las que utilizando el principio de separación por diferencia de densidad frente a la aplicación de fuerza centrífuga ya sea en orientación horizontal o vertical, separan la porción líquida de la sólida, para luego separar la porción líquida de la líquida, todo en pos de la obtención del aceite de oliva.

- **Separación en fase sólida** se lleva a cabo de la siguiente manera. La centrífuga está formada por un recipiente cónico cilíndrico interior donde hay un espacio hueco, con una forma similar y con varas helicoidales. Ellas giran en la misma dirección a 3000-5000 rpm aunque hay una ligera diferencia entre las velocidades de las dos partes (10-20 rpm). Basadas en tales acciones el decanter horizontal produce un movimiento relativo en el punto de contacto entre las partes mencionadas el interior de la centrífuga. Así por causa de la densidad de los componentes de la mezcla que gira es que la pasta se separa en la parte sólida y la parte líquida (Uceda et al., 2006). La fracción menos densa quedará en las zonas menos alejadas del eje de giro siendo expulsada al exterior. El ritmo óptimo de inyección en la centrífuga está entre el 65 y 70% de su capacidad teórica (Espínola et al., 1995). La figura 15 muestra la maquinaria requerida para realizar la separación sólido- líquido, a saber, un decanter horizontal.



Figura 15.- Decanter Horizontal para separación sólido-líquido previo a la separación líquido-líquido y posterior al termo batido (Pieralisi).

- **Separación en fase líquida** es necesaria porque el aceite luego de la separación del componente sólido tiene entre 1 a 3% de agua en el caso de sistema de extracción de dos fases, mientras que las aguas residuales producidas por el sistema de extracción de tres fases tiene un contenido de aceite entre de 0,5-2%. Por ende ambos tienen que ser limpiados.

Para ello los líquidos se tamizan y la separación de fases líquidas con diferente densidad se realiza por centrífugas verticales. Estas centrífugas están formadas por un doble recipiente con forma de tronco de cono y placas en el interior que giran al mismo tiempo a 6000-7000 rpm. Los líquidos se descargan en la parte superior a través de un eje hueco que conduce a un deflector donde son separados. A continuación, se introducen entre las placas que funcionan como centrifugadoras elementales separando las diferentes fases según su densidad y posición en la misma.

Cuando esto se lleva a cabo el interior de la centrífuga se llena de fase líquida, por lo tanto, los componentes de dicha fase se encuentran en sus respectivos anillos de separación. El aceite se eleva junto al eje central que

fluye a través de agujeros en el eje de rotación. Mientras que el agua residual se proyecta desde las placas a una salida en la pared externa del recipiente. El objetivo de centrifugadoras verticales para el aceite es obtener el menor contenido de aceite en las aguas residuales (Uceda et al., 2006). La figura 16 muestra un decanter vertical, también conocido como centrifuga de líquidos.



Figura 16.- Decanter vertical para separación líquido-líquido, previo a etapa de almacenamiento y posterior a separación sólido-líquido (Pieralisi).

Almacenamiento y maduración del aceite

El aceite de oliva se extrae durante 2-3 meses, pero se consume durante el año, por lo tanto, el volumen extraído debe ser almacenado hasta el embalaje. Este es el último paso en la cadena de calidad, y el fabricante de aceite es el principal responsable. Los objetivos son: mantener la calidad de la separación, almacenar las características del aceite que lo protegen de la oxidación, la pérdida de aroma y ayudar a la maduración del aceite. Este último es lo que reduce la astringencia y el amargor (Uceda et al., 2006).

La principal problemática asociada a esta etapa es la fermentación del aceite, la que puede evitarse por medio del uso de un tanque de sangrado que favorece la decantación y deposición de sólidos suspendidos en un fondo cónico. Esto para proteger al aceite contra la oxidación y la pérdida de aroma. Debe evitarse cualquier acción que actúe como catalizador de oxidación, tal es el caso de las temperaturas elevadas, el oxígeno, la energía lumínica, agentes químicos, etc. Esto debido a que la conservación del aceite depende de la capacidad que posea de evitar la oxidación de su principal bio-molécula, a saber, las moléculas de triglicéridos.

Las condiciones de almacenamiento deben ser:

- Bodega con temperatura constante (15-18 ° C) que ayuda a la maduración del aceite sin favorecer la oxidación.
- Facilidad de limpieza.
- Disponer de un sistema de control de temperatura.
- La bodega debe estar limpia, ventilada y sin olores ya que el aceite podría asumir olores indeseables.
- Poca luminosidad (Saavedra, 2007), entre otras.

El material de construcción de los depósitos debe ser inerte. Entre los materiales que cumplen estos requisitos se encuentran: el azulejo vitrificado, el acero inoxidable, el poliéster-fibra de vidrio. En ningún caso el Hierro ni el Cobre, ya que son catalizadores de la oxidación (Vilar et al., 2003).

Lo esencialmente necesario en esta etapa es la prolijidad de las acciones ejecutadas. Tan importante como es cada uno de los pasos de extracción del

aceite, el almacenamiento es uno de los que debe tratarse con gestión y cuidado, debido a que todo el trabajo previo de extracción depende de cómo se lleve a cabo el mencionado paso, a saber, el almacenamiento. La figura 17 muestra estanques de sangrado para almacenamiento, a base de componentes inertes y bajo un ambiente de gas de Nitrógeno.



Figura 17.- Estanques de sangrado para almacenamiento de aceite, previo a la comercialización y posterior a la separación líquido-líquido (Pieralisi).

1.3. RESIDUOS Y CARACTERIZACIÓN

Cerca del 20% del peso de la aceituna corresponde a aceite, lo que significa que aproximadamente el 80% del mismo equivale a agua, cascara, pulpa y hueso, por ende, subproductos de OM (Oktay, 2006).

Los principales residuos son líquidos y sólidos, los primeros son: el agua de lavado del fruto y la escurrida de las tolvas de almacenaje (generadas en el proceso de molienda), el agua de vegetación de la propia aceituna, el agua de

limpieza en el aceite y la añadida en el proceso (generadas en el proceso de extracción) el conjunto de estas es lo conocido como alpechines, mientras que en caso de los sólidos tenemos el alperujo u orujo húmedo o de dos fases, el orujo convencional, procedente de los sistemas de prensa o continuo a tres fases, los restos vegetales, terrosos y piedras generados en el proceso de limpieza de aceituna de cosecha (CAR/PL, 2000).

- **Alpechines.** El poder contaminante de los alpechines tiene su origen en diversas causas (Fernández, 1991), entre las que deben destacarse como principales las siguientes:
 - El pH, que es causante principal y directo de la muerte de los peces, cuando el alpechín es vertido al cauce de los ríos.
 - El contenido graso, que provoca la formación de una capa en la superficie del agua que impide su correcta oxigenación y el paso de la luz solar, impidiendo el desarrollo normal de la fauna y flora en el seno de ríos.
 - El contenido orgánico, que contribuye al consumo del oxígeno disuelto.

El poder contaminante relativo del alpechín se puede evaluar, en términos de DBO₅. Considerando un valor medio por habitante y día de 60g, la contaminación del alpechín equivaldría aproximadamente a la contaminación generada por una población de 6 millones de personas durante todo un año (CAR/PL, 2000).

Mas en términos de valorización alpechín ha llegado a tener un valor como fertilizante conteniendo cantidades de nitrógeno, potasio y fósforo viables

para su uso en la tierra, con estándares que lo permiten, a saber, pH entre 6 y 9, SS 600, DBO 2000 y DQO 2500 (Martínez et al., 2003)

- **Orujo** es el principal residuo sólido generado en la elaboración de aceite de oliva. Tal y como se ha indicado anteriormente, este residuo contiene una determinada cantidad de aceite residual que no es posible extraer por medios físicos y que es extraído en las extractoras de aceite de orujo. La composición del orujo depende del sistema empleado en la elaboración del aceite de oliva. El subproducto que llega a las orujeras presenta humedades que se sitúan entre el 48%-50% (CAR/PL, 2000). Los principales problemas asociados a este residuo son lo que dicen relación con el contenido de materia orgánica, lo que trae consigo el uso de oxígeno disuelto. Este residuo es similar al alperujo con la diferencia que este proviene de un sistema de extracción distinto (sistema de tres fases) y por ende tiene una humedad menor.
- **Alperujo** es un residuo sólido lignocelulósico, de naturaleza recalcitrante. Posee una humedad comprendida entre un 55 a 75%, con partículas de tamaño pequeño y escasa porosidad, lo que le da una consistencia plástica y con tendencia a la compactación. Su pH es levemente ácido entre 5 y 6, con un contenido menor de nitrógeno (8-17 g/Kg) y fósforo (0,8-2 g/Kg), mientras que en el caso del potasio la concentración aumenta en su dimensión (8-30 g/Kg), al igual que ocurre con la mayoría de los residuos del olivar (Romero et al., 2005). Las concentraciones de micronutrientes suelen ser bajas y por lo general menores a las de otros residuos orgánicos.

En términos de contenido de carbono orgánico este residuo posee elevados valores de COT (500-600 g/Kg). La materia orgánica (900-950 g/Kg) está constituida principalmente por lignina (323-556 g/Kg), celulosa (140-250 g/Kg) y hemicelulosa (273-415 g/Kg). Otros constituyentes orgánicos

importantes son las grasas (77-194 g/Kg), carbohidratos solubles (13-164 g/Kg) y proteínas (44-115 g/Kg) (Alburquerque et al., 2004). Además de ello es un residuo con un elevado potencial fitotóxico y antimicrobiano debido fundamentalmente a su gran contenido de poli fenoles (Benítez et al., 2005) La tabla 7 muestra las principales propiedades químicas y físicas del orujo, que por cierto son similares a las del alperujo.

Tabla 7.- Propiedades Químicas y Físicas del Orujo.

Propiedades Químicas y Físicas del Orujo	
Propiedad	Valor
Humedad (% base húmeda)	60-65
Grasa (% referida masa seca)	9
Proteínas (%)	5-6.
Azucares (%)	4,8
Fibra Bruta (%)	14-15
Cenizas (%)	2-3.
Polialcoholes (%)	0,5-1
Glucósidos (%)	0,5
Ácidos Orgánicos (%)	0,5-1
Poli fenoles (ppm)	23.000
Nitrógeno (%)(sobre seco)	0,8
Fosforo (%)(sobre seco)	0,25
Potasio (%)(sobre seco)	1,8
Densidad Aparente (kg/m ³)	1035
Poder Calorífico Superior (Kcal/kg)	5052

Fuente: Torrecilla, 2001.

El alperujo así como el orujo suele ser sometido a una segunda extracción con solventes con el objetivo de obtener el conocido como “aceite de orujo” quedando al final de este proceso un nuevo subproducto con un contenido de humedad inferior al 18%. Genéricamente es llamado orujillo u orujo

seco, estos han sido utilizados tradicionalmente como combustibles de las propias OM, aunque últimamente se han doblado los esfuerzos para utilizarlos como enmiendas orgánicas del suelo previa transformación mediante compostaje y vermicompostaje (Benítez et al., 2002; Moreno et al., 2000; Nogales et al., 1998). Tal como es el caso el producto de la mezcla del residuo con otros como hojín, estiércoles de diferente naturaleza, lodos de depuradora, etc. (Cegarra et al., 2000).

Otras opciones son también el aprovechamiento como fuente proteica para alimentación animal (Martin et al., 2003), la separación y utilización de los huesos como carbones activos y finalmente la reutilización del residuo sólido como biocombustible en plantas de cogeneración de energía térmica y eléctrica. Esta última opción origina beneficios en la OM y en las empresas asociadas a la actividad productiva por causa de la venta del excedente de energía producida y por la autosuficiencia parcial o completa en dicho ítem. Presenta además la ventaja de requerir poco terreno para la implementación de la planta de generación de electricidad en base a biomasa y reduce el peso de los alperujos en 70% y el volumen entre 80 a 90% (Saavedra, 2007). Sin embargo produce una gran cantidad de cenizas, las que en años recientes se han valorizado en el uso agrícola de fertilización, debido a su alto contenido de nitrógeno y potasio (Nogales et al., 2006).

Es necesario considerar que una de las propiedades importantes frente a la valorización por medio de la combustión y generación de energía eléctrica es el poder calorífico del residuo en cuestión, es así como la tabla 8 muestra los valores de poder calorífico para Orujo de prensa, Alperujo, Orujillo y Endocarpio

Tabla 8.- Valores de Poder Calorífico de Orujo de prensa, Alperujo, Orujillo y Endocarpio.

Tipo	Valor (Kcal/Kg)
Orujo de Prensa	2800-3000
Alperujo	2500-2800
Orujillo	3500
Endocarpio	4000

Fuente: CAR/PL, 2000

El poder calorífico medio inferior (PCI) del alperujo con una humedad de 50% es aproximadamente 2018 Kcal/Kg, que aunque es notablemente inferior al poder calorífico del gas natural (10300 Kcal/kg), es suficiente para construir una línea de aprovechamiento de rentabilidad marcadamente medioambiental y económica (Torrecilla, 2001).

1.4. OPCIONES DE GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD

El hueso de aceituna, separado del orujo húmedo, contiene algo de humedad (aproximadamente 18%) siendo perfectamente viable para utilizarlo como combustible, sin manipulación alguna. Tiene un poder calórico de alrededor de 5.300 Kcal/Kg (producto seco) y se obtiene en porcentaje del 20% sobre peso de alperujo húmedo.

Para llegar a obtener energía eléctrica utilizando los residuos sólidos de la OM es necesario establecer que en el caso en que más esto se favorece es en aquellos en que la OM está dotada de equipamiento para realizar una segunda extracción, a saber, el aceite de orujo o en mejor caso aún, cuando esta está provista de un

deshuesadero total o parcial de las aceitunas (Ortega et al., 2001 a) paso que se lleva a cabo antes de la operación de molienda de las mismas, con lo que se obtiene, por un lado, todo el hueso del fruto y por otro, solamente la pulpa de la aceituna con todo el aceite de la pulpa exclusivamente y todas las aguas de vegetación de dicha pulpa. De cualquier modo, se trata de obtener una cantidad de hueso que se aprovechará para el abastecimiento energético (Ortega et al., 2004).

En el caso que sea orujillo, este está compuesto por piel (15-30%), hueso (30-45%) y sólidos finos de pulpa (30-50%) (Ballesteros et al., 2001). Composición que facilita su uso como biomasa, por ende podemos clasificar, en primer lugar de lo más deseable como biomasa al endocarpio (hueso), luego el orujillo, el orujo (sistemas de tres fases) y finalmente el alperujo (sistema de dos fases), aunque este último está al final de las opciones aun así es viable que se utilice, más con un paso de secado previo.

Desde el punto de vista de la red eléctrica, la principal ventaja de estos sistemas es que constituyen una entidad controlada dentro del sistema general, operando como un generador y una carga agregada más (Lasseter et al., 2002). Los principales factores técnicos a considerar son la seguridad de la red, su eficiencia, economía, estabilidad en la generación y el mantenimiento de la calidad del suministro dentro de los límites de tensión (Rogers, 1998). Si esta red se encuentra en un marco de concentración geográfica pequeño, los costos de mantenimiento se reducen cuando se gestionan globalmente.

Las posibles plantas de (co)generación que pueden ser analizadas son: Centrales termoeléctricas con turbinas de vapor (ST), Turbinas de gas (GT) y Motores alternativos (MACI) (Sala, 1994).

Obtención de residuos para generación de electricidad

Los residuos de las aceitunas, que han sido sometidas al proceso de extracción física del aceite de oliva virgen, a la salida de la OM son conducidos directamente a uno o varios secaderos térmicos. Estos orujos, debidamente secados, son conducidos a un proceso de preparación, previa a la fase de extracción con disolventes de los aceites residuales que aún contienen (Ortega, 1978 a; Antonopoulos et al., 2006), la que suele consistir en la separación de la pulpa grasa y del hueso seco (Ortega 1978 b) y una posterior granulación de la pulpa (Ortega 1978 c), con lo que se consigue una mayor concentración de aceite en el producto a extraer, a la vez que un aumento de capacidad de las instalaciones existentes en cada industria (Ortega et al., 2001 b). Esto se fundamenta en que el hueso seco y separado de la pulpa no contiene casi ningún aceite residual (0.1 a 0.6 %), por lo que no es necesaria, ni rentable a veces, su extracción con disolvente, pudiendo desviarse de la extracción citada, con lo que sólo queda la pulpa grasa y granulada para ser sometida a la extracción, aumentando así mismo la cantidad de grasa extraída, debido al remolido adicional que supone el proceso de granulación mediante matrices y rodillos prensores. Una vez la pulpa así preparada es sometida al proceso de extracción con disolvente, en el que mediante varios lavados con dicho disolvente, éste arrastra los aceites y deja los orujillos con un contenido en aceite residual muy bajo, del orden del 0.3 a 0.6 %. (Ortega 2001 c). Esto en el caso de la preparación del residuo de alperujo para una segunda extracción de aceite de orujo.

Características útiles de la biomasa para eliminación por quemado

El “orujillo” tiene la misma composición que los “orujos”, pero sin la fracción grasa (aceite de orujo) y su humedad está entre el 8% y 10%. La tabla 9 muestra los valores comparativos del alperujo y el orujillo tanto química y físicamente

Tabla 9.- Propiedades Físicas y Composición Química del Alperujo y Orujillo.

Parámetro	Alperujo	Orujillo
Análisis inmediato		
Materia Volátil, %, b.s.	74,6	74,8
Cenizas, %, b.s.	5,82	8,3
Carbón fijo, %, b.s.	19,58	16,91
Análisis elemental		
Carbono, %	52,26	49,3
Hidrogeno, %	6,73	5,7
Nitrógeno, %	1,1	1,5
Azufre, %	0,12	0,01
Cloro, %	0,2	0,2
Oxigeno	33,77	35,0
Poder Calorífico		
PCS MJ/Kg, b.s.	21,3	19,6
PCI MJ/Kg, b.s.	19,8	18,3
Metales		
SiO ₂	18,23	47,8
Al ₂ O ₃	2,54	1,4
CaO	11,93	10,5
Fe ₂ O ₃	2,31	1,5
MgO	7,25	3,4
P ₂ O ₅	4,71	3,2
TiO ₂	-	0,3
K ₂ O	36,56	30,3
Na ₂ O	0,4	1,1

Fuente: Armesto et al., 2002.

El hueso (endocarpio) es un componente del mismo, con proporción del 30 al 45% en peso, pero posee mayor poder calorífico y origina menos problemas que el “orujillo” en calderas (Cruz et al., 1999). Este componente se puede recuperar mediante un sencillo sistema mecánico. Además, después del periodo de recolección, los árboles se podan, apareciendo residuos leñosos que presentan en

su fracción seca un poder calorífico inferior (PCI) de 18.300 kJ/kg, con un 45% en peso de contenido de carbono y un 48% de oxígeno (IDAE,2001).

La utilización directa de estos subproductos como combustibles en plantas de vapor u otra, precisa disponer de ellos en las condiciones lo más secas posible, eliminando problemas de combustión y elevando su poder calorífico. Su alto contenido en oxígeno evita combustiones con elevados excesos de aire. Otra consideración es la diferencia del contenido de cenizas en ambos subproductos, ya que el “alperujo” contiene los compuestos del “alpechín”, que generan escorias, apareciendo problemas en el caso que sean utilizados en los hogares (Cruz et al., 1999). También pueden utilizarse estos subproductos en sistemas de motores alternativos de combustión interna (MACI) y turbinas de gas (GT), transformándolos previamente en combustibles gaseosos o líquidos mediante procesos bioquímicos, como las fermentaciones metánica o alcohólica (Jiménez et al., 1989), o termoquímicos, como la gasificación (García y Otero, 2000), aunque esto conlleva una pérdida del poder calorífico del material original.

Diagrama de producción del sistema modificado y parámetros técnicos

Para estas aplicaciones, parece ser que el sistema gasificador más adecuado es el denominado de lecho móvil en corrientes paralelas o downdraft (García et al., 2000; Tabares, 1994), 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. Actualmente existen algunos proyectos en demostración, y estudios de prestaciones de estos sistemas, sobre todo con residuos de la poda del olivar (Tinaut, 2000; IDAE, 2001), con posibilidades de generación eléctrica de entre 0,8 y 0,9 kWh por cada kilogramo de residuo utilizado. El sistema propuesto aprovecha los residuos del proceso de obtención de aceite de oliva, ya sea el orujo parcialmente seco o hueso. Con el gas pobre producido por el gasificador, que posee un poder

calorífico aceptable, se alimenta un motor térmico, de encendido por chispa, el que acciona un generador eléctrico (Planta de potencia), y que produce la energía eléctrica que es necesaria para la planta de almazara y para los procesos subsiguientes de secado de los orujos y de la extracción con disolventes de los aceites residuales en los orujos secos. Además, los calores residuales del motor (Circuito de refrigeración de camisas y gases de escape), sirven para calentar el agua de los circuitos de calefacción y agua caliente de la almazara, auto-produciendo las necesidades térmicas de la planta (Cogeneración) (Ortega et al., 2004). Teniendo por medio de esta forma, la generación de energía eléctrica y como parte de esta la generación de energía térmica ampliamente utilizado en los proceso de limpieza, lavado, batido, entre otros.

Opciones técnicas alternativas de generación

El poder calorífico del orujillo es cercano a los 4000 Kcal/Kg, lo que permite su aprovechamiento en calderas de combustión y de gasificación. Además, y dado el bajo contenido en azufre del residuo (<1%) según análisis del Centro de Investigaciones Energéticas y Medioambientales (CIEMAT), permite evacuar un gas que contiene básicamente agua y dióxido de carbono. El método consiste en alimentar el orujillo, que puede contener hasta un 20-30% de humedad (en base seca) a un reactor. Este tipo de sistemas debe estar formado por un lecho móvil localizado en la parte superior del reactor, al cual se alimenta de alperujo (u orujillo). En la parte inferior del sistema, existe un lecho fluidizado, en el cual se lleva a cabo un proceso de combustión. Tanto el lecho fluidizado como el lecho móvil, se encuentran en el mismo recipiente y no existe ningún dispositivo físico que separe el lecho fluidizado del lecho móvil. Los gases generados en la parte fluidizada, que están a alta temperatura y con un bajo contenido de oxígeno, alcanzan la parte superior del reactor donde se encuentra el lecho móvil, lo que produce la gasificación del alperujo localizado en el lecho móvil, de forma similar a como ocurre en un lecho móvil convencional. La principal ventaja del sistema

radica en la temperatura a la que tiene lugar el proceso de gasificación. El método desarrollado permite gasificar aprovechando el buen contacto gas-sólido de los lechos móviles pero sin los inconvenientes de trabajar a temperaturas elevadas (1000 °C). Con respecto a los gasificadores de lecho fluidizado el rendimiento aumenta al mejorar el contacto gas-sólido. Los gases generados en la gasificación con aire poseen un poder calorífico aproximado de 6 MJ/Nm³ de gas generado (incluido el N₂) y la composición media de los gases a una temperatura de 750 °C a 800 °C es 10% de H₂, 18% de CO y 6% de CH₄. Se generan aproximadamente 30 Kg de ceniza por ton de orujillo (CAR/PL, 2000).

En general es posible reconocer que una forma de reutilización y por ende valorización de los residuos sólidos de la OM es por medio de la generación de energía eléctrica, en pos de la autosatisfacción parcial y/o total de los requerimientos energéticos de la actividad productiva oleica, en términos industriales y agrícolas. En relación al método de extracción que permite obtener residuos sólidos para tal generación, se estima que económica y técnicamente el sistema de extracción continuo de dos fases es el más conveniente. Método que a su vez no imposibilita una segunda extracción de aceite y su posterior utilización en la generación de energía eléctrica.

La tabla 10 muestra comparativamente diferentes propiedades de la extracción de aceite de oliva según sistema utilizado, a saber, a Presión, 2 Fases y 3 Fases.

Tabla 10.- Comparación de propiedades según método de extracción

Métodos de extracción			
Propiedad	Presión	3 fases	2 fases
Residuos sólidos (Kg/ton de olivos)	330	500	800
Humedad de residuos (%)	25	48	55
Residuos Líquidos (Kg/ ton de olivos)	600	1200	250
Humedad en frutas (%)	94	90	99
DBO (ppm)	100000	80000	10000
Acidez libre	0,89	0,65	-
Peróxidos (%)	6,5	7,5	-
Contenido de Poli fenoles (ppm)	203	164	200
Fermentación	0,75	0,0	0,0
Amargor	1,4	0,5	-

Fuente Vossen et al., 2000

2. HIPOTESIS

Es posible generar energía eléctrica con beneficios económicos utilizando residuos sólidos a base de endocarpios provenientes de la industria del aceite de oliva.

3. OBJETIVOS

3.1 General

Evaluar la factibilidad técnica y económica de generación de electricidad a partir de residuos sólidos en base a endocarpios provenientes de la industria del aceite de oliva.

3.2 Específicos

3.2.1 Evaluar el poder calorífico y energía obtenida de tres variedades de endocarpios de olivos cultivables utilizados en la zona Centro-Sur del país para producción de aceite de oliva.

3.2.1 Caracterizar, cuantificar y expresar a través de balance de masa los residuos sólidos de endocarpios relacionándolo a la generación de electricidad.

3.3.3 Analizar la viabilidad económica de la autogeneración de electricidad y alternativas de uso y/o transmisión.

4. ANTECEDENTES

Como parte esencial de la valorización de los residuos provenientes de la industria del aceite de oliva se requiere conocer en detalle la información asociada a tal actividad, es así como se hace necesario contextualizar la información obtenida y llevarla al plano actual en el que se desenvuelve la realidad de la actividad industrial en el país. La información que se debe manejar circunda la ciencia de la agronomía y de la ingeniería, las ciencias ambientales y la elaiotecnia.

Dentro de los tópicos de importancia a analizar, está la concentración geográfica de olivares para extracción de aceite de oliva, usos de residuos agrícolas provenientes de las podas semestrales del olivar para aumento de volumen de biomasa para combustión, tecnologías disponibles en el país para generación de energía eléctrica, combustión y tipos de biomasa, entre otros.

4.1 CONCENTRACIÓN GEOGRÁFICA DEL OLIVAR EN CHILE.

La distribución geográfica en el país para olivares de todo tipo, a saber, aceituna y olivos, se encuentra entre las regiones II y IX, más la ubicación de olivares destinados a la extracción del aceite esta principalmente concentrado en la zona geográfica que comprende las regiones Metropolitana, VI del libertador Bernardo O'Higgins y VII del Maule (Ver Figura N° 18), es decir, en la zona centro del país. Zona que posee características específicas que permiten un buen nivel de producción y calidad del aceite.

Dicho nivel de producción o volumen de cosecha depende de factores tales como la variedad, tipo de suelo, condiciones climatológicas, riego, fertilización, tratamientos, plagas y enfermedades (Rallo, 1998), mientras que el contenido de aceite depende fundamentalmente de la variedad de olivo y del grado de

maduración en el momento de la recolección (Civantos et al., 1992), por lo tanto, como parte esencial del lugar de ubicación del olivar, está la identificación del clima y sus alcances.

En Chile, la zona de concentración posee un clima similar al idóneo para la producción de olivos, a saber, el de tipo Mediterráneo, aunque el observado en el país tiene leves diferencias por causa de la influencia del continente. Es así cómo es posible discernir dos variedades dentro de lo que se conoce como clima mediterráneo con influencia del continente.

- Clima templado con lluvias invernales y una estación seca prolongada de 7 a 8 meses.
- Clima templado cálido con estación seca de 4 a 5 meses.

Condiciones climatológicas que permiten el sano desarrollo del cultivo de olivos y su buen nivel de producción para la posterior extracción del aceite. El clima es esencial en todas las etapas del desarrollo, a saber, la brotación, floración, polinización, frutación y maduración del olivo (Requerimientos de Clima y Suelo, 2002), motivo por el cual será un factor excluyente frente a la decisión de la ubicación del olivar.

Las principales problemáticas radican en las temperaturas excesivamente altas y bajas, además de los vientos que dañan al cultivo, por lo tanto, tal como se muestra en la introducción el aceite de mejor calidad es aquel que no se ve afectado por estas extremas condiciones, es así como la Región Metropolitana posee uno de los climas privilegiados para el desarrollo del cultivo.

La tabla 11 muestra las consecuencias de las temperaturas en los principales órganos de producción del olivo.

Tabla 11.- Temperaturas y consecuencias a los órganos esenciales al desarrollo del cultivo de olivos.

Consecuencias de la Temperatura en el Cultivo		
Órganos	Temperatura °C	Efecto
Brotos Tiernos	- 5 a 0	Quemazón de ápices y heridas en ramillas
Brotos menos de un año	-5 a -10	Muerte de ramillas
Frutos	menos de 5	Daño de fruto, pérdida de cantidad y calidad del aceite
Floración	15 a 20	Buena floración
Maduración	25 a 35	Buena acumulación de aceite y azúcares, buen tamaño y color del fruto

Fuente: Requerimientos de clima y suelo, 2002

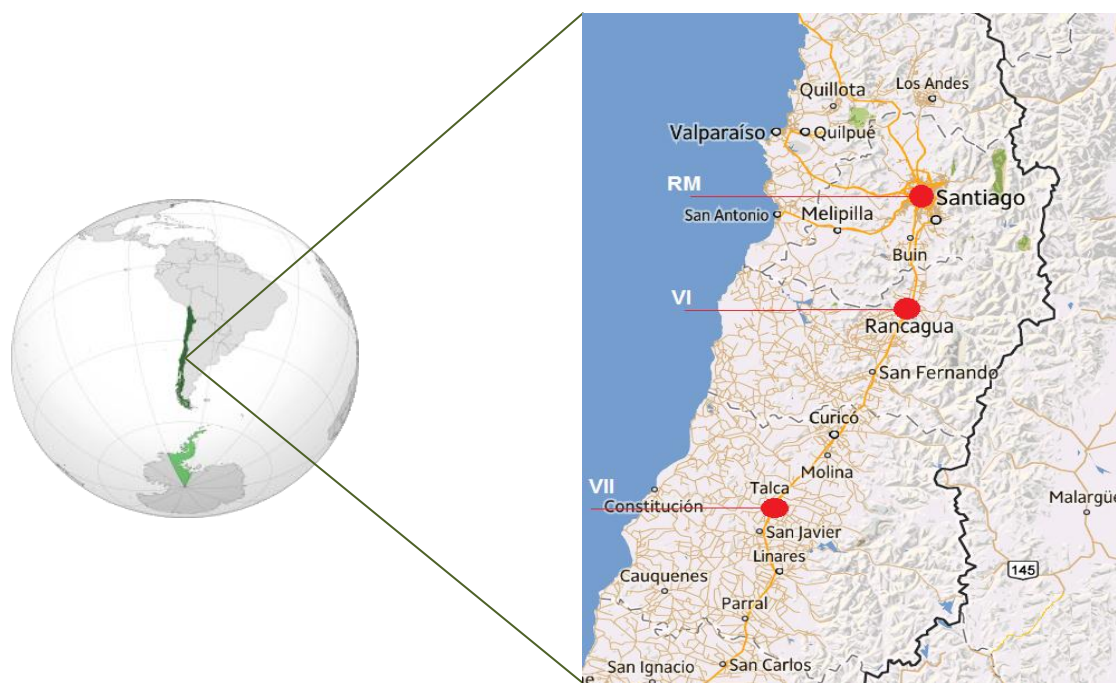


Figura 18.- Zona de concentración de olivares para extracción de aceite de oliva, a saber, Región Metropolitana, VI región del Libertador Bernardo O'Higgins y la VII región del Maule.

4.2 USOS DE RESIDUOS AGRICOLAS PROVENIENTES DE LAS PODAS SEMESTRALES DEL OLIVAR.

Como parte esencial de la valorización de los residuos provenientes de la industria del aceite de oliva, a saber, endocarpios, está la opción de la combustión de los mismos para la generación de energía eléctrica. Por lo tanto, el volumen de biomasa para combustión llega a ser uno de los factores de vital importancia para la autosatisfacción energética de las actividades industriales de la almazara o de las actividades agrícolas del olivar, motivo por el cual usar los residuos agrícolas con un alto contenido en lignina y por ende con elevado poder calorífico llega a ser una forma de promover la valorización de los endocarpios por medio de la generación de energía eléctrica.

Dentro de los principales residuos agrícolas provenientes de las podas semestrales que se realizan al cultivo, se encuentran principalmente las astillas del olivo y las hojas del olivo, las que producen dos tipos diferentes de biomasa según proporciones de cada uno, a saber:

- 50% astillas + 50% de hojas (TIPO 1)
- 60% de astillas + 30% de hojas + 10 % de leña (TIPO 2)

Ambos tipos de biomasa son aptos para la utilización como parte de la generación de electricidad por combustión (Sánchez et al., 2005). Por lo tanto, la utilización de los endocarpios genera un volumen determinado de biomasa, cantidad que puede aumentar por medio del uso de los residuos de astillas y hojas del olivo, obtenidos en los procesos semestrales de poda.

La figura 19 muestra los residuos agrícolas que pueden utilizarse junto a los endocarpios en el proceso de combustión para generación de electricidad.



(a)



(b)

Figura 19.- Residuos agrícolas de (a) astillas del olivo y (b) hojas del olivo por podas semestrales de olivar.

El volumen generado de residuos agrícolas dependerá del sistema de cultivo, por lo tanto el que mayor volumen generará será el olivar que use el sistema que más número de árboles le haga tener por hectárea, ese es el caso del sistema súper intensivo de cultivo, por lo tanto, los olivares que más produzcan son aquellos que más opciones tienen de aumentar el volumen de biomasa para la valorización de endocarpios por combustión de los mismos.

Con respecto a la caracterización de los residuos agrícolas es posible obtener un poder calorífico cercano a los 4370,88 kcal/kg (IDEA., 2001), esto debido al contenido de lignina, celulosa y hemicelulosa, además del bajo porcentaje de humedad de tales residuos. Características que les permiten ser útiles para aumentar el volumen de biomasa disponible para la combustión.

La tabla 12 muestra la composición del residuo de poda, a saber, la astilla y las hojas del olivo comparando ambos residuos y estimando el valor de mezcla de ambos. Con ello es necesario destacar la similitud en los valores obtenidos, cercanía que permite con facilidad la combustión de ambos al mismo tiempo, y a su vez la utilización junto a los endocarpios que se buscan valorizar.

Tabla 12.- Composición del residuo de poda de olivo.

Propiedad		Madera	Hojas	Total
Humedad	%	10,7	8,5	10,2
Cenizas	%	1,5	5	3,3
Lignina	%	14,7	23,1	20,8
Celulosa	%	32,8	5,3	36,6
Hemicelulosa	%	26,9	16,3	19,7

Fuente: Sánchez et al., 2005

Con respecto al análisis elemental de los residuos agrícolas se denota un alto contenido de carbono y en orden decreciente un menor contenido de Hidrogeno, Nitrógeno y Azufre, con valores similares en ambos residuos, ya sea las astillas o las hojas. La tabla 13 muestra los valores para cada uno de los elementos anteriormente mencionados.

Tabla 13.- Análisis elemental del residuo de poda de olivo

Elemento		Madera	Hojas	Total
Carbono	%	45,5	48,7	44,6
Hidrogeno	%	6,4	7,1	6,7
Nitrógeno	%	0,4	1,4	0,8
Azufre	%	0	0	0

Fuente: Sánchez et al., 2005

Cuando la combustión se lleva a cabo uno de los subproductos de tal acción es el gas del combustible, el que posee características específicas según tipo de biomasa utilizada y condiciones de combustión. El análisis de la composición de los gases es de importancia debido a que partes de la zona de concentración se encuentran bajo el título de zonas saturadas o latentes, tal como es el caso de La región metropolitana que fue declarada Zona Saturada por MP10, PTS, O3 y CO y

latente por NO₂ en el año 1996 mediante el DS131 de MINSEGPRES. En 1998 el D.S. N°16 de MINSEGPRES estableció el Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica de la Región Metropolitana (PPDA) el cual se actualizó en enero de 2004 mediante el DS58 de MINSEGPRES, esto por causa de su malograda condición atmosférica. Por tal motivo, se debe conocer la composición del gas obtenido en el proceso de combustión de la biomasa.

La tabla 14 muestra la composición del gas obtenido por combustión del residuo agrícola del olivar.

Tabla 14.- Composición del gas del producto

Componente	% Volumen
H ₂	11,7
CO	19,3
CH ₄	1,1
CO ₂	9,9
Hidrocarburos de 2 C	0,3
N ₂	56,5
O ₂	1,1

Fuente: Sánchez et al., 2005

Otro de los subproductos generados por causa de la utilización de los residuos agrícolas como biomasa para combustión son los subproductos de cenizas, dentro de los cuales existe la posibilidad de encontrar usos asociados a los macronutrientes que este posee en estado inorgánico.

La tabla 15 muestra el análisis elemental de las cenizas producidas en el proceso de combustión, análisis dirigido a la obtención de información de elementos, tales como el Carbono. Hidrogeno, Nitrógeno y Azufre, elementos importantes al momento de valorizar las cenizas producidas.

Tabla 15.- Análisis elemental de las cenizas.

Elemento	% Peso
Carbono	28,1
Hidrogeno	0,4
Nitrógeno	0,2
Azufre	0,2

Fuente: Sánchez et al., 2005

Los residuos agrícolas provenientes de las podas semestrales del olivar, poseen las características requeridas para ser utilizados como combustible a la forma de biomasa, motivo por el cual la valorización de los endocarpios para combustión y generación de electricidad pueden complementarse con el volumen de biomasa producida por tales residuos agrícolas, acción que favorece la opción de valorización de los endocarpios.

Por medio de la utilización de los residuos agrícolas, la valorización de endocarpios en producción de electricidad aumenta su alcance a todo tipo de almazaras, a saber, pequeñas, medianas o grandes, por lo tanto, la obtención de combustible de biomasa llega a ser un hecho seguro en la almazara, con la opción de la autogeneración de electricidad por medio de la combustión de los mismos o la venta como biomasa a otras entidades industriales con la capacidad de generar energía eléctrica.

La salvedad frente a la posibilidad de utilización de los residuos está en la implementación de un lugar de acopio en espera para su utilización que primordialmente será en los meses de extracción del aceite, periodo de tiempo en que el aumento de los requerimientos energéticos aumentan considerablemente por causa del proceso mismo de extracción. La figura 20 muestra una zona de acopio temporal en una almazara en Jaén, España.



Figura 20.- Zonas temporales de acopio de residuos agrícolas provenientes de las podas semestrales del olivar (El patrimonio oleícola).

4.3 ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS PARA EL APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DE LA BIOMASA DEL OLIVAR.

La figura 21 resume los principales procesos a los que puede ser sometida la biomasa residual para su aprovechamiento energético, así como los productos obtenidos.

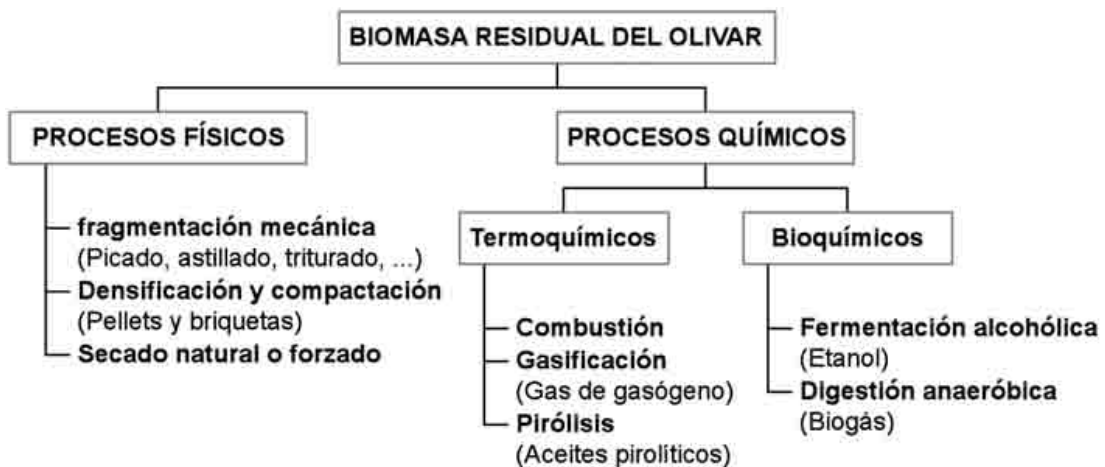


Figura 21.- Proceso de conversión energética residual (El patrimonio oleícola).

Procesos Físicos

Mucho de los procesos físicos permiten obtener mejores condiciones para el uso en procesos termoquímicos. Los procesos físicos se caracterizan porque no alteran las propiedades químicas de la biomasa, y se suelen utilizar para acondicionar el residuo de cara a un uso posterior. Los más utilizados en la actualidad son la fragmentación mecánica para los restos de la podas de olivar, el secado térmico para el orujo húmedo y graso en las orujeras y también en las plantas de producción de pellets y la peletización para la producción de biocombustibles. En la figura 22 se pueden apreciar unas muestras de estos productos.



Figura 22.- Muestra de biocombustibles sólidos obtenidos por procesos físicos específicos.

En el caso de la peletización es posible reconocer ciertas ventajas de tipo operativo, aunque el precio final del producto puede llegar a ser un inconveniente. Las principales características son:

- La tecnología consiste en una compactación mediante presión sobre una matriz perforada plana o cilíndrica

- No es necesario añadir aglomerantes porque la lignina realiza esta función al aumentar su temperatura. A veces se añade agua o vapor.
- La forma de los pellets suele ser cilíndrica, con un diámetro de entre 6 y 20 mm y una longitud de 25 a 60 mm.
- La densidad obtenida puede ser 4 veces superior a la de la biomasa seca en estado natural, alcanzando valores de 1.200 kg/m³.
- Los pellets presentan una fácil manejabilidad y una elevada durabilidad.
- El Poder Calorífico Inferior (PCI) dependerá del material de origen, aunque debido a la baja humedad (6%-8%) y a su grado de compactación puede alcanzar valores de 4.500 kcal/kg.
- Su bajo contenido en cenizas permite reducir los costes de operación y mantenimiento.
- Se disminuyen los costes de transporte y se incrementan las posibilidades de automatización en la alimentación

La tabla 16 muestra los valores comparativos de cuatro características básicas para tres distintos tipos de material residual. Se puede ver el caso anteriormente expuesto de los pellets y las modificaciones que estos presenten en relación a su anterior estado, modificación que mejora las condiciones de uso y los residuos que puede llegar a generar por causa del sometimiento del mismo a proceso termoquímicos, tal como el de la combustión para generar electricidad.

Tabla 16.- Principales características de la biomasa, a saber, pellets, astillas y residuos agroindustriales

Propiedad		Pellets	Astillas	Residuos Agroindustriales
PCI	Kcal/kg	4.042	3.182	3.440/4.000
Humedad	%	8	25	10/40
Densidad	Kg/m ³	650	200	200/500
Cenizas	%	0,5	1	1,0/2,0

Fuente: El Patrimonio Oleícola

Procesos Termoquímicos

En el caso de los procesos termoquímicos, estos se basan en la liberación de la energía contenida en la biomasa, diferenciándose básicamente en función de la cantidad de oxígeno con la que se desarrolle el proceso. Los más utilizados son la combustión tradicional, caso de prácticamente todas las plantas de generación eléctrica con biomasa existentes en la actualidad; y la gasificación que aparece como una tecnología emergente aunque en fase pre-comercial (patrimonio oleícola, 200).

Más en el contexto del país, las opciones de generación de electricidad a partir de la utilización de biomasa como combustible va dirigida principalmente a la combustión del mismo y la generación de electricidad por medio de una caldera de biomasa acoplada a una turbina de poder con turbogenerador de capacidad específica, según sean los requerimientos eléctricos de la almazara, generación asociada a la capacidad instalada de la planta de generación de energía eléctrica.

En términos generales existen tres técnicas de aprovechamiento energético de la biomasa mediante procesos termoquímicos: pirolisis, combustión y gasificación

La pirolisis, consiste en la descomposición termoquímica de la biomasa a temperaturas comprendidas entre 200 y 110 °C en atmosfera exenta de oxígeno. Cuando se realiza a baja temperatura, conduce a la carbonización. Como productos finales de la pirolisis se obtiene un sólido (carbón vegetal), un producto pastoso o líquido muy viscoso (alquitranes), un líquido procedente de gases condensables (jugo piroleñoso) y gases incondensables (volátiles).

La combustión que consiste en la descomposición de la biomasa cuando se sometida a temperaturas de 500 a 800 °C en una atmosfera rica en oxígeno. Como resultado de la combustión se produce una oxidación completa de los elementos constituyentes de la biomasa, para dar CO₂ y H₂O fundamentalmente y una liberación de energía calorífica, que puede ser utilizada para calentar o vaporizar agua o para en última instancia generar electricidad.

La gasificación consta de un conjunto de reacciones termoquímicas, que se producen en un ambiente pobre de oxígeno, y que da como resultado la transformación de un sólido en una serie de gases susceptibles de ser utilizados en una caldera, en una turbina o en un motor, tras ser debidamente acondicionados. En el proceso de gasificación, la celulosa se transforma en hidrocarburos más ligeros, incluso en CO₂ y H₂. Esta mezcla de gases, llamada gas de síntesis o "syngas", tiene un poder calorífico inferior equivalente a la sexta parte del poder calorífico inferior del gas natural, cuando se emplea aire como gas gasificante, por el N₂ que contiene.

Considerando que en el país mayormente se utiliza la opción de la combustión, es posible determinar que los principales residuos de tal actividad son los vapores de combustión, los que pueden llegar a ser utilizados como vapores de secado en el caso de una segunda extracción de aceite de oliva desde el orujo o alperujo según sea el sistema de extracción.

Vapores que pueden convertirse en la energía térmica que la almazara requiere en las actividades propias del proceso y mantenimiento de la misma, tal es el caso del agua caliente en la limpieza de la almazara, el calor requerido en el termo batido, el agua tibia en el proceso de molturación, batido y separación (según sistema de extracción), el sistema de calefacción de la almazara y oficinas de la misma, entre otros.

Por otro lado está presente el residuo inorgánico de las cenizas, las que por causa de la combustión de la biomasa quedan como parte del proceso de generación de electricidad. Este residuo presenta macronutrientes que pueden ser utilizados en la fertilización de cultivos del olivar u otros presentes en los predios en pos del crecimiento y desarrollo de los mismos. La valorización de este residuo llega a ser un punto a favor de la utilización de los endocarpios como combustible para su posterior combustión y generación de electricidad.

La figura 23 muestra el proceso de generación de electricidad utilizando como combustible la biomasa residual de las actividades agrícolas e industriales, con la descripción de cada paso, identificando los elementos esenciales para tal generación, a saber, la biomasa, la caldera, el turbogenerador, entre otros.

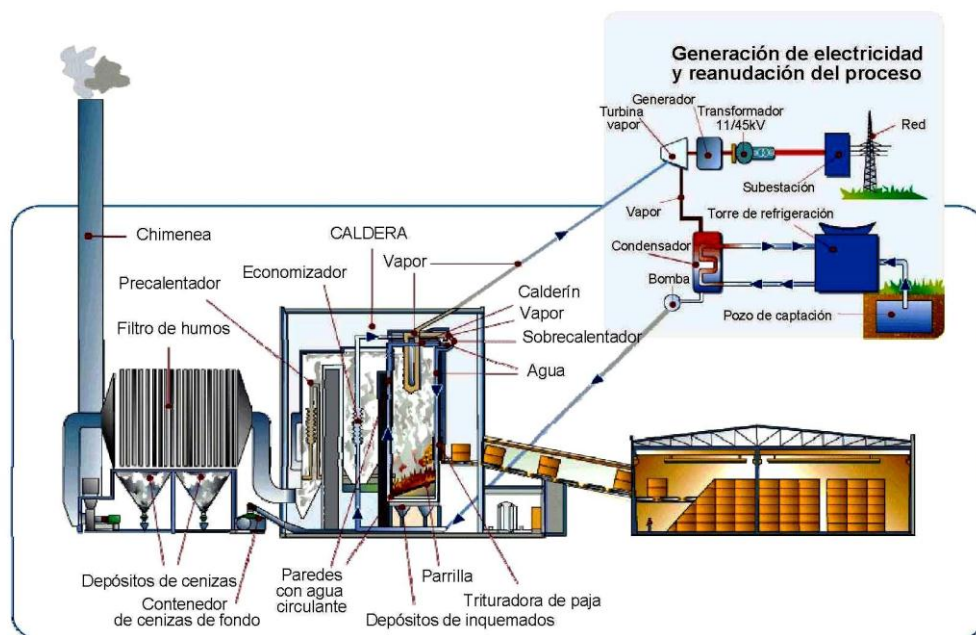


Figura 23.- Planta de generación de electricidad por combustión de biomasa.

4.4 BIOMASA PARA COMBUSTIÓN

El uso de la biomasa como combustible es una de las opciones que se presentan frente al volumen de producción de residuos industriales y agrícolas con características específicas para tal acción, es así como el poder calorífico que presentan los residuos provenientes de la industria del aceite de oliva, a saber, los endocarpios responden a esta biomasa que puede ser utilizada en la generación de electricidad por combustión en planta generadora. Existen muchas ventajas de la generación de energía por medio de la mencionada biomasa, uno de las principales es la que este recurso es una alternativa, renovable y limpia que evitaría la dependencia exterior en el suministro de energía de terceros países. Con ello existen ventajas ambientales, socioeconómicas y algunos aspectos que pueden considerarse negativos. A continuación las ventajas de la biomasa

Ventajas medioambientales

Por ser recursos renovables que pueden generar energías renovables no convencionales y debido a su uso periódico, medido y gestionado, es que la biomasa presenta ventajas medioambientales. Además, promueve el uso de residuos sin valorización, mejorando la salud económica del proyecto en cuestión. Las principales ventajas medioambientales son:

- Su utilización no contribuye al negativo aumento del efecto invernadero, ya que el Dióxido de Carbono emitido está en las mismas cantidades que con anterioridad había sido fijado para el crecimiento de la biomasa.

- La ausencia de emisiones de Azufre e Hidrocarburos policíclicos altamente contaminantes e iniciadores de lluvia ácida.
- Se utiliza un recurso renovable en periodos cortos de tiempo.
- Obtención de productos biodegradables.
- Si se usa como aditivo o sustituto de carburantes fósiles, participa en la reducción de los gases de efecto invernadero.
- Eliminan residuos como la biomasa húmeda (purines), evitando la contaminación de los suelos y los malos olores.
- En el caso de los residuos agrícolas, su aprovechamiento evita incendios forestales.

Ventajas socioeconómicas

También están presentes las ventajas socioeconómicas, principalmente por la valorización de residuos que presentan características específicas que permiten su uso como combustible de biomasa, ya sea en la generación de energía eléctrica o térmica. Las principales ventajas socioeconómicas son:

- Diversificación energética.
- La implementación de cultivos energéticos evita la erosión del suelo.

- Generación de recursos a partir de residuos sin valorización previo al uso como combustible de biomasa.
- Permite un incremento de la actividad agrícola y económica.
- Creación de puestos de trabajo en el aprovechamiento de algunos tipos de biomasa.
- Canaliza los excedentes agrícolas alimentarios.

Aspectos negativos

Cada alternativa presenta una contraparte que se puede establecer como el antagonista de la opción, en este caso la utilización de biomasa presenta ciertos aspectos negativos que a continuación se mencionan.

- Baja densidad energética.
- Problemas en la disposición y abastecimiento de la materia prima con continuidad, de calidad suficiente y en cantidad.
- Menor rendimiento de los combustibles derivados de la biomasa.
- Altos costes de recolección y almacenamiento por su baja densidad.
- En algunos casos, necesidad de acondicionamiento o transformación para su utilización.

El análisis de las ventajas y los aspectos negativos permiten dilucidar que la biomasa es una de las fuentes potenciales de empleo en el futuro, siendo un elemento de gran importancia para el equilibrio territorial, en especial en las zonas rurales.

La materia prima es uno de los factores más importantes que determinan la ubicación de una planta de estas características, debido al gran coste económico que supone el transporte de la materia prima. Para poder seleccionar las posibles ubicaciones de la planta de generación de energía eléctrica se deben tener en cuenta los siguientes factores:

- Existencia de biomasa de diferentes fuentes.
- Disponibilidad de suelo apropiado.
- Adecuada infraestructura energética para evacuación de energía eléctrica producida

Por lo tanto, en el caso de la almazara y la producción de aceite de oliva, es posible determinar que esta responde a los requerimientos establecidos al momento de analizar las opciones para la ubicación y por ende la alternativa de generar energía eléctrica por medio de la combustión de la biomasa (Del van Vento et al., 2005)

4.5 REQUERIMIENTOS ENERGETICOS DE LA ALMAZARA

Los requerimientos energéticos dependen principalmente del tamaño de la almazara y del volumen de producción para la misma, es así como se puede llegar a determinar al menos tres tipos de diferentes almazaras según su producción anual y tamaño, a saber,

- Grande: Producción final superior a 5000 ton de aceite.
- Mediana: Producción final entre 1000 a 5000 ton de aceite.
- Pequeña: Producción final menor a 1000 ton de aceite.

Según la tipología de almazaras (grande, mediana y pequeña) y un estudio a 87 de ellas, es posible obtener consumos eléctricos entre los 23.100 a los 1.615.599 kWh anuales, con un consumo promedio 279.393 kWh.

La tabla 17 muestra el consumo promedio de las almazaras según tipología anteriormente mencionadas, consumo que puede variar según sea el tipo de tecnología, el plan de eficiencia energética de la almazara y otros, más en cuestión general los valores son promedios de almazaras estudiadas y son a tener en consideración.

Tabla 17.- Requerimientos energéticos de almazara según tamaño.

Tipología	Consumo Eléctrico (kWh)
Pequeña	92.027
Mediana	434.996
Grande	922.508

Fuente: Manual de ahorros y eficiencia energética de almazaras.

Con ello es posible conocer según tipología el consumo eléctrico por tonelada de aceite. Consumo que usualmente es menor para las almazaras más grandes con mayor volumen de producción, esto por causa que ellas poseen una mejor tecnología y usualmente planes de eficiencia energética según sean las directrices de cada una de ellas. En términos económicos las almazaras más grandes son la que presentan menor gasto asociado a los consumos, ya sea por la disminución de honorarios por parte de las empresas distribuidoras de electricidad o por la obtención de un buen trato con las empresas generadoras de electricidad.

La tabla 18 muestra el consumo eléctrico asociado al tamaño de las almazaras, consumo por tonelada de aceite producido.

Tabla 18.- Consumo eléctrico según toneladas de producción y tipología de almazaras

Tipología	Consumo Eléctrico (kWh) por Producción total (ton)
Pequeña	177,11
Mediana	194,55
Grande	131,55

Fuente: Manual de ahorros y eficiencia energética de almazaras.

El proceso de extracción tiene diferentes fases con diferentes consumos eléctricos asociados a cada uno de ellas, es así como se puede conocer la potencia media instalada de cada fase, información importante al momento de la determinación del consumo eléctrico de cada etapa, y de la cuantificación de la energía requerida en el proceso entero.

La tabla 19 muestra la potencia media instalada (kW) para fases de producción del proceso según información promedio de almazaras con líneas de extracción continuas asociadas a tamaños medianos de plantas de extracción.

Tabla 19.-Potencia media instalada de cada etapa de producción

Fases de producción	Potencia media instalada (kW)	Porcentaje (%)
Recepción	805	47,85
Molienda	253	15,03
Batido	183	10,86
Centrifugación	172	10,20
Almacenamiento	167	9,94
Envasado	67	3,99
Otros	36	2,13
Total	1683	100,00

Fuente: Manual de ahorros y eficiencia energética de almazaras.

Finalmente al conocer la potencia media y el volumen de producción de cada almazara se puede determinar el consumo eléctrico promedio para una almazara de tipo mediano con los porcentajes relacionados a cada fase. La tabla 20 muestra los valores de consumo de cada fase de producción incluyendo el proceso de envasado.

Tabla 20.- Consumo eléctrico según fases de producción.

Fases de producción	Consumo Eléctrico (kWh)	Porcentaje (%)
Recepción	34.900	7,46
Molienda	96.382	20,60
Batido	55.026	11,76
Centrifugación	193.683	41,39
Almacenamiento	19.416	4,15
Envasado	7.036	1,50
Otros	61.520	13,15
Total	467.963	100,00

Fuente: Manual de ahorros y eficiencia energética de almazaras.

La etapa de centrifugación es la que mayor requerimiento eléctrico presenta y la etapa de molienda la segunda en lo que a mayores requerimientos eléctricos respecta. Etapas de importancia en el proceso de extracción de aceite de oliva y de alta influencia en el consumo eléctrico.

La tabla 21 muestra las descripción de las actividades que requieren el consumo eléctrico según cada fase del proceso productivo.

Tabla 21.- Descripción, Consumo energético y factores que influyen en un mayor consumo según etapas de producción.

Ítem	Recepción	Molienda y Batido	Centrifugación	Almacenamiento	Envasado
Descripción	Descarga, pesaje, limpieza y lavado de aceitunas	Formación y calentamiento de la pasta de aceituna	Separación del aceite de las fases líquidas	Almacenamiento y trasiego del aceite	Envasado y expedición del aceite
Consumo energético	Consumo eléctrico de motores y compresor de bascula	Consumo eléctrico de motores y consumo térmico de (orujillo) de caldera	Consumo eléctrico de motores	Consumo eléctrico de motores y consumo térmico de (orujillo) de caldera	Consumo eléctrico de cintas y compresor de taponado
Factores que influyen en un mayor consumo	Estado de suciedad de la aceituna	Temperatura de la aceituna y estado de maduración	El decanter funciona siempre a las mismas revoluciones	Temperatura ambiental	Formato de envase a utilizar

Fuente: Manual de ahorros y eficiencia energética de almazaras.

5. METODOLOGÍA

En esta sección se describen los pasos de la metodología aplicados durante el desarrollo del presente trabajo en pos del cumplimiento de los objetivos específicos perseguidos para las especies de olivos de Arbequina, Arbosana y Koroneiki, provenientes de la zona centro del país, específicamente de la región Metropolitana, la comuna de San Pedro de Melipilla.

A continuación se describe lo previamente mencionado.

5.1. DETERMINACIÓN DE PODER CALORIFICO SUPERIOR.

La determinación del poder calorífico superior se realizó por medio del pedido al laboratorio de análisis químico perteneciente a la facultad de ingeniería química y administrada por el Instituto de Investigaciones Tecnológicas de la Universidad de Concepción. La determinación consto de la entrega de 10 gramos de muestra de cada especie de olivos. El proceso de obtención de las muestras de endocarpios se realizó desde las olivas completas por medio de un proceso de extracción del endocarpio de forma manual y secado a temperatura ambiente, tal como sería el caso de un proceso de deshuesado previo al ingreso a la etapa de molienda y posterior a la recepción de las olivas cosechadas, eliminando la mayor cantidad de la materia grasa de las olivas, las que fueron molidas hasta poder pasar a través de un tamiz de 250 μm (tamiz n° 60), luego se le determinó el porcentaje de humedad para finalmente comenzar la determinación del poder calorífico. Para ello se masó entre 0,8 a 1,2 gramos de la muestra molida y se trabajó con una presión constante de 3MPa (aproximadamente 30 atm), hasta llegar a determinar el poder calorífico superior. Característica que se puede definir como la cantidad de energía liberada por unidad de masa tras hacer combustionar el elemento en análisis. Los resultados se obtuvieron en Kcal/Kg según forma de análisis basado

en ASTM D5865-04. La figura 24 muestra algunos de los implementos utilizados en la determinación del análisis, a saber, bomba calorimétrica, desecador y molino.

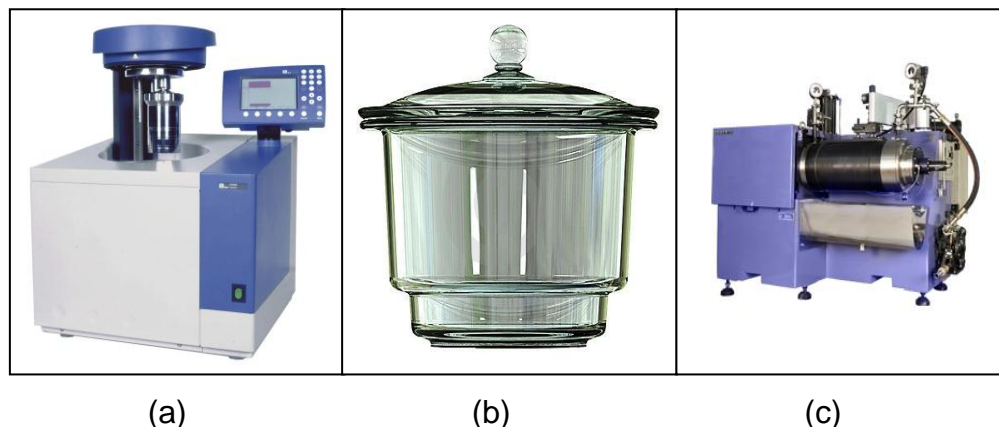


Figura 24.- Implementos utilizados en la determinación de poder calorífico, a saber, (a) Bomba calorimétrica, (b) Desecador y (c) Molino.

5.2. CUANTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE CENIZAS DE ENDOCARPIOS.

Al obtener el poder calorífico, asumimos que tal obtención se relacionara con el proceso termoquímico de la combustión en una planta de generación de electricidad cercana a la almazara. Es así como por causa de tal actividad los residuos que se obtendrán serán los vapores de combustión y las cenizas por causa de la combustión de la biomasa, en este caso, endocarpios.

Como parte de lo que se realizará con los vapores está la respuesta al objetivo específico n°3, más con respecto a las cenizas, se determinó que era necesario obtener su valor. Las cenizas se obtuvieron por medio de la obtención de los endocarpios, y la molienda de los mismo, esta vez con un tamaño mayor que en el

caso del análisis de poder calorífico. Luego se procedió a la determinación de la humedad, análisis basado en el contenido de agua formado por la suma de sus aguas libre, capilar e higroscópica, conjunto que al ser evaporado arrojó una diferencia gravimétrica de la muestra entre la masa antes y después de ser sometida a 110 °C con más o menos 5°C por un periodo de 24 horas, tiempo suficiente para vaporizar el agua contenida en los endocarpios, luego se retiró del horno de temperatura y se esperó por no más de 1 hora en el desecador hasta alcanzar la temperatura ambiente. Con ello se volvió a masar y se tomó la diferencia de las masas de la muestra antes y después del sometimiento a la temperatura indicada. La diferencia gravimétrica dio el porcentaje de humedad que poseía cada muestra. Para obtener el valor se realizaron las siguientes ecuaciones según Nch 1515 of. 79:

$$M_c + M_m = M_{m+c}$$

Donde “ M_c ” es la masa de capsula, “ M_m ” la masa de muestra húmeda y finalmente “ M_{m+c} ” la masa de muestra húmeda más masa capsula

Luego se sometió a temperatura y se obtuvo la masa de la muestra más la masa de la capsula sin la humedad, por lo tanto se determinó el porcentaje buscado por medio de la siguiente ecuación:

$$[(M_{m'+c} - M_{m+c}) / (M_{m'+c} - M_c)] * 100$$

Donde “ $M_{m'+c}$ ” es la masa de muestra sin humedad más masa de capsula, “ M_{m+c} ” la masa de muestra húmeda más masa capsula y finalmente “ M_c ” la masa de capsula. Con respecto a los implementos utilizados la figura 25 muestra algunos de ellos.

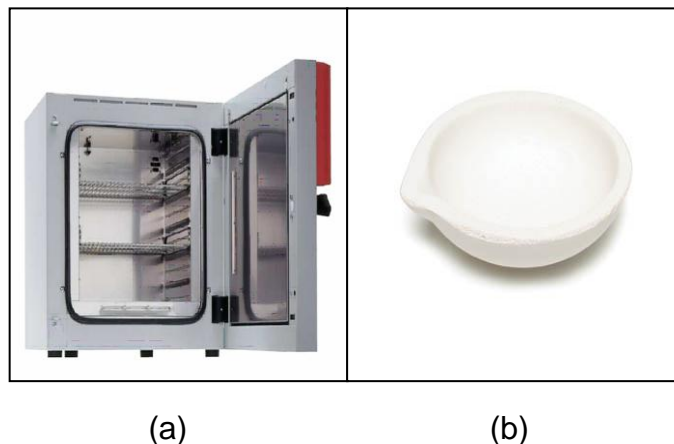


Figura 25.- Implementos utilizados en la determinación de humedad. (a) Horno Binder ED-115, (b) Crisol de porcelana.

En el caso de la determinación de las cenizas, este análisis se realizó bajo los mismos principios de gravimetría que la determinación previa, esta vez la muestra ya sin humedad se sometió a altas temperaturas, aproximadamente 550 °C por cuatro horas, calcinando la muestra, quedando exclusivamente la parte inorgánica de la misma a la forma de cenizas, luego de las 4 horas, se depositó la muestra en un desecador y se esperó (aproximadamente 1 hora) hasta que la muestra alcanzó la temperatura ambiente y se masó, para finalmente comparar las diferencias gravimétricas de la muestra antes y después de ser sometida a altas temperaturas obteniendo de esta forma el porcentaje de cenizas de la misma. Para obtener los valores se utilizaron las siguientes ecuaciones:

$$M_c + M_m = M_{m+c}$$

Donde “ M_c ” es masa de capsula, “ M_m ” la masa de muestra sin humedad y finalmente “ M_{m+c} ” la masa de muestra sin humedad más masa capsula

Luego se sometió a altas temperaturas y se obtuvo la capsula más la ceniza dentro de ella. Luego se comparó el valor inicial de la muestra sin humedad con lo que quedo de ella. La ecuación utilizada fue:

$$[(M_{m+c} - M_{m'+c}) / (M_{m+c} - M_c) * 100]$$

Donde “ M_{m+c} ” es la Masa de muestra sin humedad más masa capsula, “ $M_{m'+c}$ ” la Masa de ceniza más masa de capsula y finalmente “ M_c ” la Masa de capsula. La figura 26 muestra algunos de los implementos utilizados en la determinación del análisis.

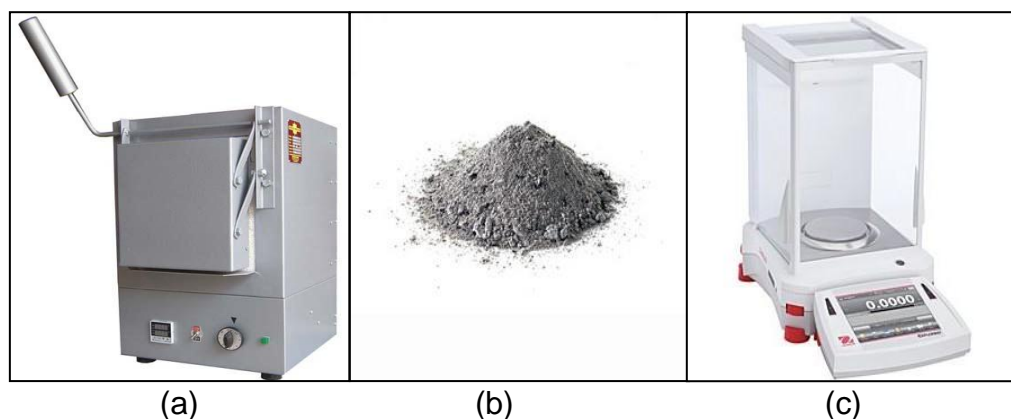


Figura 26.- Implementos utilizados en la cuantificación de cenizas, a saber, (a) Mufla, (b) Cenizas obtenidas y (c) Balanza analítica.

En el caso de la caracterización de las cenizas se hizo una mezcla en proporciones iguales de cenizas de las tres diferentes especies, de aproximadamente 6,026 gramos de masa total y se envió la muestra masada y mezclada al Laboratorio de Recursos Renovables, laboratorio perteneciente a la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Concepción, más emplazado en el Centro de Biotecnología de la misma casa de estudio. Se determinó la concentración de N, P y K. Determinación llevada a cabo en el caso del Nitrógeno

por medio de un analizador elemental Fisons EA 1108, mientras que en el caso del Fosforo y el Potasio se realizó por medio de la dilución acida y la lectura por ICP, de manera que se obtuvieron valores en % p/p en base seca, tal como lo muestra la figura 27.

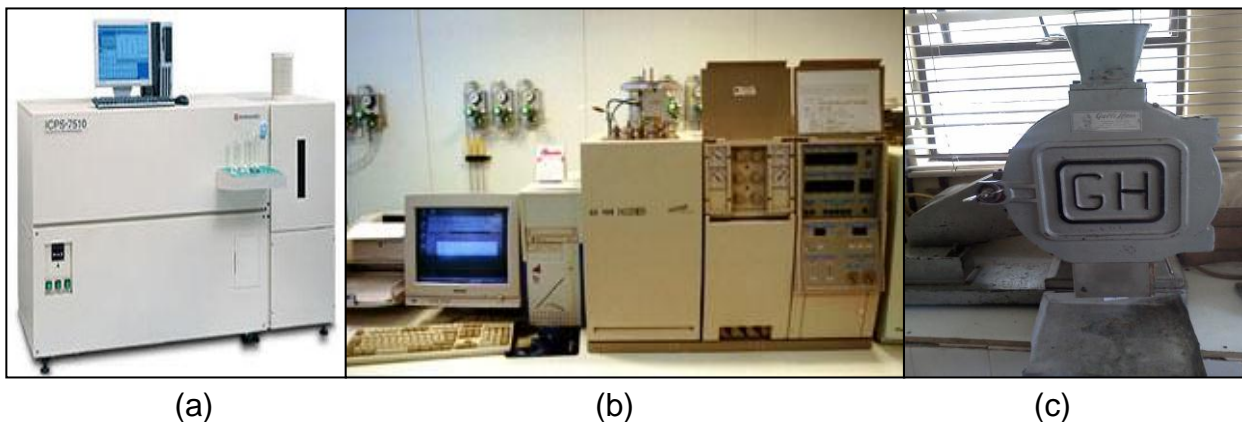


Figura 27.- Implementos utilizados en la caracterización de cenizas, a saber, (a) ICP, (b) Analizador elemental Fisons EA 1108 y (c) Molino.

5.3. ANALISIS ECONOMICO POR MEDIO DE INDICADOR VAN Y TIR.

En el caso de la viabilidad económica se realizó la búsqueda detallada de información que permitió obtener el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) como indicadores de rentabilidad teniendo en consideración los aspectos técnicos de la generación de energía eléctrica por combustión de endocarpios y requerimientos de almazara con producción mayor a 5000 toneladas. La información obtenida en lo que respecta a los costos de inversión y operación, fue por medio de la cotización a Westfalia, una de las empresas proveedoras de tales servicios en Chile, empresa de procedencia Alemana presente en todo el mundo.

Los valores fueron obtenidos por medio de conversaciones sostenidas con el representante en Chile de tal institución, valores que van de la mano con el crecimiento de la industria en esta parte del mundo y responden a valores aproximados según estándares promedios de aplicación general, mas pueden existir cierto grado de discrepancia según estudios técnicos específicos a clientes habituales, entre otras situaciones. Los valores obtenidos fueron el costo de inversión y de operación, la tasa de descuento y el precio del kWh en la región metropolitana con un porcentaje adicional por causa de la demanda en horas punta (Emelectric. 2012), arriendo de equipos de transmisión, etc.

Los parámetros incluidos están asociados a dos casos, el primero (caso 1) principalmente enfocado en la autosuficiencia de la almazara en los tres meses de extracción con parada de planta de 8 meses cada año, mientras que el segundo caso (caso 2) dirigido principalmente a la autosuficiencia energética de la almazara y un 50 % más por causa de actividades agrícolas distribuidas anualmente.

Tabla 22.- Parámetros y valores para obtención de indicadores de VAN y TIR.

Parámetro		Valor Caso 1	Valor Caso 2
Tasa de descuento	(%)	3,41	3,41
Producción	(kWh)	1.000.000	1.500.000
Precio	(CP)	*111,75	111,75
Ingreso Parcial	(CP)	112.000.000	168.000.000
Ingreso Total	(CP)	140.000.000	210.000.000
Costos de Inversión	(CP)	1.898.128.600	1.898.128.600
Costos de Operación	(CP)	14.000.000	21.000.000
Horizonte de Estudio	(Años)	30	15

Fuente: Elaboración propia

* CNE

La determinación del VAN se obtuvo por medio de la ecuación que asocia los parámetros anteriormente descritas.

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

Donde “n” es el número de periodos asociados al estudio en cuestión, “k” es la tasa de descuento establecida previamente según sea el costo de oportunidad, “t” el periodo específico de estudio, “V_t” los flujos de caja en cada periodo según “t” y “I₀” el monto de inversión asociado al proyecto.

En tanto, la determinación de la TIR se obtuvo considerando las relaciones en los parámetros presentes en la ecuación anterior. En este caso la VAN se hace cero y con ello se obtiene la anterior “k” que representa la tasa interna de retorno, es decir, la rentabilidad asociada al proyecto, de manera que se obtuvo cuan bueno es la alternativa económica del proyecto . La ecuación es la siguiente.

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+TIR)^t} - I = 0$$

En este caso “F_t” es el flujo de caja según “t”, “I” llega a ser la inversión asociada al proyecto y “TIR” la tasa interna de retorno.

6. RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados asociados a los objetivos específicos, según las acciones previamente descritas en el capítulo 5 (Metodología). Valores que vienen a complementar la información mencionada en el capítulo 4 de Antecedentes, con consideraciones particulares relacionadas al capítulo 7 (Discusión). Principalmente determina los aspectos técnicos y económicos de la generación de electricidad por medio de combustión de biomasa, recurso obtenido a través de la valorización de los endocarpios provenientes de la industria del aceite de oliva en Chile. Con ello los resultados se describen en forma tabulada y diagramada según balances requeridos en los objetivos.

6.1. ASPECTOS TECNICOS

En lo que respecta a la valorización de endocarpios para generación de electricidad, el parámetro a considerar es el valor del poder calorífico superior asociado a la humedad al momento de la determinación. Valores que determinan los estándares en cuanto a la elección de dicho residuo como recurso de biomasa para la combustión del mismo.

La tabla 23 muestra los valores de Humedad y del Poder Calorífico Superior obtenidos de los endocarpios luego de la obtención manual.

Tanto la humedad como la forma en que se trataron los endocarpios ejemplifican el estado de este residuo tal como sería en el caso de la utilización de una deshuesadora previo al ingreso del proceso de preparación de la pasta, a saber, la molturación. Por lo tanto los valores que se obtuvieron son fácilmente extrapolables a la realidad industrial que se observa en las almazaras del mundo.

Tabla 23.- Resultados de Poder Calorífico Superior y Humedad para endocarpios de especies Arbequina, Arbosana, Koroneiki.

Especie	Humedad (%)	Poder Calorífico Superior (Kcal/Kg)
Arbequina	7,46	4850
Arbosana	6,72	4599
Koroneiki	7,33	4992
Media Aritmética	7,17	4813,6

Fuente: Elaboración Personal

Con la obtención del poder calorífico se establece una conexión directa entre el uso de los endocarpios para combustión de los mismos y los residuos de dicha acción. Es así como la tabla N°24 muestra los resultados obtenidos para la cuantificación de la porción inorgánica que deja la calcinación de los endocarpios sobre 550°C de temperatura por un periodo de tiempo de 4 horas.

Tabla 24.- Resultados de Cenizas y Humedad para endocarpios de especies Arbequina, Arbosana, Koroneiki.

Especie	Humedad (%)	Cenizas (%)
Arbequina	7,46	1,10
Arbosana	6,72	1,02
Koroneiki	7,33	1,22
Media Aritmetica	7,17	1,11

Fuente: Elaboración Personal

Con la cuantificación del residuo obtenido por medio de la calcinación de los endocarpios, se determina tres de los macronutrientes esenciales para el desarrollo de todo tipo de cultivos, a saber, Nitrógeno, Fosforo y Potasio. La tabla N° 25 muestra los resultados obtenidos para tal determinación.

La caracterización de las cenizas llega a ser una vía de solución para la generación de este residuo obtenido por medio de la combustión de los endocarpios, debido a la opción de utilización y valorización del mismo. Residuo que aunque presenta bajos valores porcentuales alcanza altas magnitudes que llegan a expresarse en toneladas anuales de producción, debido a las altas cifras en toneladas de olivas que pueden obtenerse y procesarse en la almazara.

Tabla 25.- Resultados de porcentaje de N, P y K en cenizas de endocarpios.

Elemento	Cantidad (%p/p)
Nitrógeno	2,2
Fosforo	3,4
Potasio	12,6

Fuente: Elaboración Personal

Con la información de la energía obtenida por la combustión de los endocarpios, la masa de las cenizas producidas por tal acción, la caracterización de dicha ceniza, es posible expresar los resultados de aspecto técnico en un balance de masa y energía según los requerimientos relacionados con el objetivo específico ii. Balance que expresa las cifras de masa y energía según bibliografía en conjunto con los resultados del presente trabajo de manera que se contextualiza al escenario nacional. Los valores que el balance muestra son los equivalentes inicialmente al 10% de la superficie cultivada para olivar en el país, a saber, 3300 ha.

La figura 28 muestra el balance de masa y energía previamente mencionado. En azul los valores de balance y en rojo la referencia para el balance, ya sea, bibliográfica o de resultados de análisis del presente estudio.

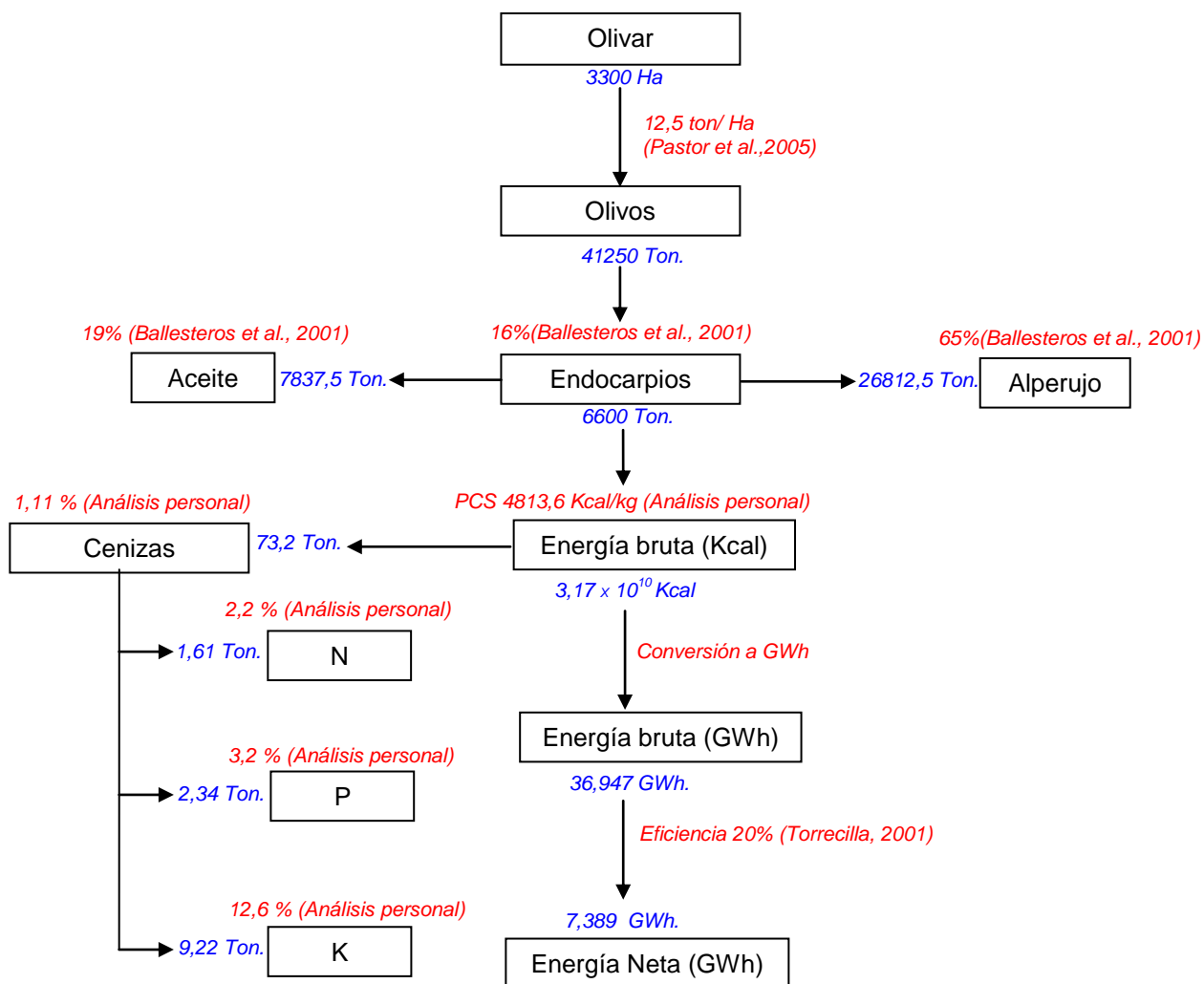


Figura 28.- Balance de masa y energía para generación de electricidad utilizando endocarpios como combustible (Elaboración personal).

Según la figura N° 28, asociado a la superficie del olivar de 3300 ha, bajo sistema de cultivo tipo súper intensivo y riego tecnificado se observa una producción próxima a 7.837,5 ton, por lo tanto, la almazara en supuesto, corresponde a una de tamaño grande con requerimientos eléctricos anuales cerca de 1GWh.

6.2. ASPECTOS ECONOMICOS

En cuanto al análisis económico, se requiere establecer que los resultados que se obtienen son asumiendo una almazara con sistema de extracción de dos fases y decantadores horizontales y verticales, con por lo menos dos líneas continuas de extracción, con una capacidad superior a las 6000 ton de aceite anual. Con relación a las extracciones se asume que la almazara que produce los endocarpios que serán valorizados está dirigida principalmente a la producción de aceite de oliva extra virgen, es decir, presenta una única extracción de aceite con los pasos previamente mencionados en el Capítulo 1 de Introducción. Esto incluye la información estipulada en el Capítulo 4 de Antecedentes.

La tabla N°20 en el Capítulo 5 de Metodología muestra los valores de los parámetros asociados a la determinación de los indicadores VAN (Valor actual neto) y TIR (Tasa interna de retorno), con aspectos de vital importancia tales como la tasa de descuento (3,41%) y el horizonte de estudio, el que alcanza los 30 años. La tabla 26 muestra los valores de la Van y la TIR.

Tabla 26.- Resultados de la VAN y TIR utilizando la planta de generación solo para satisfacer necesidades de almazara (Caso 1).

Parámetro	Valor	VAN	TIR
Tasa de descuento (%)	3,41		
Producción (kWh)	1.000.000		
Precio (CP)	*111,75		
Ingreso Parcial (CP)	112.000.000	\$ 309.901	3,41 %
Ingreso Total (CP)	140.000.000		
Costos de Inversión (CP)	1.898.128.600		
Costos de Operación (CP)	14.000.000		
Horizonte de Estudio (Años)	30		

Fuente: Elaboración personal

*CNE

El valor de la VAN es \$ 309.901 y de la TIR 3,41% (igual a la tasa de descuento). Esto considerando que la planta de generación de energía eléctrica se utiliza exclusivamente para los meses de cosecha y extracción del aceite, más en el caso de la utilización todo el año, con requerimientos de aproximadamente \$70.000.000 CP adicionales anuales los valores cambian. La tabla 27 muestra los valores de VAN y TIR con los nuevos valores de los parámetros, a saber, producción, horizonte de estudio e ingreso total.

Tabla 27.- Resultados de VAN y TIR utilizando la planta de generación durante todo el año (Caso 2).

Parámetro	Valor	VAN	TIR
Tasa de descuento (%)	3,41		
Producción (kWh)	1.500.000		
Precio (CP)	*111,75		
Ingreso Parcial (CP)	168.000.000	\$ 15.160.873	3,52 %
Ingreso Total (CP)	**210.000.000		
Costos de Inversión (CP)	1.898.128.600		
Costos de Operación (CP)	21.000.000		
Horizonte de Estudio (Años)	15		

Fuente: Elaboración personal

*CNE

El Valor de la VAN es \$15.160.873 y de la TIR es 3,52%, valores relativamente mayores que en el caso 1 en estudio, esto a pesar del aumento en el ingreso y de la disminución en el horizonte de estudio.

Para un mejor análisis la tabla 28 muestra los valores de forma comparativa entre los casos 1 y 2 asumiendo las diferentes condiciones de cada uno, teniendo en consideración las especificaciones técnicas de la planta de generación de electricidad.

Tabla 28.- Tabla comparativa de los valores de VAN y TIR para los casos en estudio.

Condición	VAN (\$CP)	TIR (%)
Solo almazara (Caso 1)	309.901	3,41
Almazara y más (Caso 2)	15.160.873	3,52
Diferencia	14.850.972	0,11

Fuente: Elaboración Personal

7. DISCUSIÓN

Los valores obtenidos en respuesta a los objetivos del presente trabajo son decisivos al momento de la evaluación técnica-económica en pos de la valorización de endocarpios por medio de la generación de energía eléctrica, ya sea para la autosatisfacción de los requerimientos eléctricos de la almazara y/o más.

El valor del poder calorífico superior de los endocarpios en estudio fue analizado individualmente, más en la industria puede estar presente en mezcla de especies, por tal razón el valor más representativo es el que se obtuvo como promedio de las tres especies en estudio, a saber, 4813,6 kcal/kg. Un valor elevado en cuanto a la generación de energía producida por la combustión del mismo en comparación con otros recursos de biomasa actualmente usados.

En relación a ello Torrecilla en el 2001 llegó a determinar que en base seca el mejor valor para dicho parámetro en endocarpios es de 5300 kcal/kg, por lo tanto, conociendo que las características que promueven el elevado poder calorífico descansa en la cantidad de material lignocelulosico de los endocarpios y que a su vez tal material depende de la biosíntesis del olivo, biosíntesis que depende del lugar en que se desarrolle el cultivo, se puede establecer indefectiblemente que la zona de concentración del olivar para extracción de aceite, a saber, la Región Metropolitana, presenta las condiciones requeridas y necesarias para la extracción de aceite de oliva en su estado extra virgen y por medio de ello, la obtención de endocarpios con un elevado poder calorífico, incluso valores tan altos que con 7,11 % de humedad alcanza el 88,92% del máximo valor obtenido en la zona de mayor alcance y producción a nivel mundial, es decir, España.

Los endocarpios en Chile no presentan mayor utilización, por lo tanto, el conocer el poder calorífico de estos establece la directriz a su uso como la biomasa utilizada como combustible para generación de electricidad, con ello se destaca que en el caso de la industria del aceite de oliva se obtiene un importante volumen de dicho recurso por medio de la presente valorización de endocarpios, esto añadido a los residuos de tipo agrícola proveniente de las podas semestrales llevadas a cabo en el olivar, a saber, ramas y hojas de olivo; los que pueden llegar a poseer 4370,88 Kcal/kg (IDEA, 2001).

La comparación con el Alperujo (50% de humedad) y el orujillo (10% de humedad) (2018 Kcal/kg; Torrecilla, 2001 y 4000 Kcal/kg; CAR/PL, 2000 respectivamente) es la fuente de discernimiento frente a la decisión técnica de la tecnología de la almazara en pos de la valorización de los endocarpios. El orujillo presenta valores cercanos al PCS del endocarpio, mientras que el Alperujo muestra valores menores al 50%. La principal diferencia entre estos es el porcentaje de humedad, razón por la cual uno de ellos se acerca al PCS de los endocarpios, mientras que el otro se aleja.

Basado en tal relación se sugiere que como parte de la valorización de endocarpios y en pos de la definición y alcance de la tecnología utilizada en la almazara, se haga uso de una deshuesadora en el inicio del proceso industrial, específicamente en la etapa posterior al proceso de recepción, previo a la preparación de la pasta, de manera tal que el endocarpio se utilice como el recurso de biomasa para generación de electricidad, de esta forma se elimina el problema del exceso de humedad del alperujo y los problemas asociados a ello. En otro caso, como el orujillo (residuo de la segunda extracción de la almazara, aceite de alperujo) presenta un elevado PCS (similar al de los Endocarpios) se sugiere realizar una segunda extracción de aceite (aceite de alperujo) y utilizar el residuo como el recurso de biomasa para la generación de electricidad.

Ya sea una u otra opción las sugerencias se dictan por medio de los valores obtenidos en el trabajo.

En relación al PCS del endocarpio y su utilización, es conocido que uno de los principales combustibles para generación de electricidad a través de combustión es el gas natural, el que tiene un PCS de 10300 Kcal/kg (Torrecilla, 2001), por lo tanto, los endocarpios que para la industria del aceite de oliva actual en Chile no son más que un residuo sin valor, pueden llegar a generar la misma energía que genera un kg de gas natural, con tan solo 2,14 kg. Con ello es necesario establecer que considerando la superficie proyectada del olivar en Chile (aproximadamente 33.000 ha) se puede obtener 66.000.000 Kg anuales de endocarpio, lo que equivale a 30.841.121,5 Kg de gas natural.

Considerando el área en estudio para un olivar de tamaño 3300 ha se obtuvo la masa requerida de endocarpios para producir la electricidad asociada a los requerimientos de una almazara capaz de extraer continuamente los olivos producidos en tal superficie, a saber, sobre 7.000 ton de aceite de oliva, con ello se sugiere la utilización del volumen de biomasa obtenido en las podas semestrales del olivar y utilizar la planta de generación durante todo el año para las distintas actividades del olivar.

En cuanto a la combustión de los endocarpios, las cenizas que se generan poseen un elevado contenido de macronutrientes esenciales para el desarrollo del tejido vegetal de todo cultivo, a saber, Nitrógeno, Fosforo y Potasio. Los valores arrojados fueron 2,2; 3,4 y 12,6 % p/p respectivamente. Porcentajes que llevados a la magnitud de producción anual de aceite (Superficie 3300 ha, Producción de aceite 7837,5 ton), alcanzan las 1,61; 2,39 y 9,33 toneladas respectivamente. En términos de la ceniza, los endocarpios presentan un promedio de producción de 1,11 % p/p, es decir, por cada tonelada de endocarpio combustionado se obtiene 11,1 Kg de cenizas con la proporción previamente mencionada de N, P y K. Por lo

tanto, la generación de cenizas trae consigo la utilización de las mismas en los cultivos en el olivar u en otro de los presente en las cercanías de la almazara.

Otro de los residuos que se generan por la combustión de endocarpios son los vapores de combustión, vapores principalmente compuestos por CO_2 y H_2O a elevadas temperaturas, por lo tanto, se sugiere que en el caso que haya una segunda extracción de aceite de alperujo, se utilicen tales vapores en el secado del alperujo como preparación para la segunda extracción (disminución de humedad desde 60 % hasta 10 %), de manera tal que por medio de la presente utilización se valoriza el residuo gaseoso. En el caso que no haya una segunda extracción se sugiere que los vapores de combustión calientes se utilicen para aumentar la temperatura del agua de proceso requerido para la primera extracción de aceite de oliva o las aguas de higienización para la limpieza y lavado en el proceso de recepción de las olivas.

En términos económicos los indicadores VAN y TIR arrojaron valores de interpretación casi segura. Frente al caso 1, es importante señalar que el valor VAN es de tan solo \$ 309.901 CP, valor que al compararlo con el monto de inversión (\$ 1.898.128.600 CP) establece directamente la determinación que frente a esas condiciones y bajo tales valores asociados a los parámetros de trabajo, económicamente no es viable realizar el proyecto en estudio. La diferencia entre el monto de inversión y el valor de la VAN establece un riesgo demasiado elevado en términos del tiempo en que se debe operar la planta de generación y las ganancias que se obtienen de ella. En tanto el valor de la TIR indica en este caso la similitud de valores frente a la tasa de descuento determinada para el proyecto, es decir, la mínima rentabilidad aceptada (tasa de descuento) es igual a la tasa interna de retorno, por lo tanto, una vez más, considerando que aunque no existe una pérdida económica, el elevado valor de la inversión establece un riesgo excesivo de pérdida. Riesgo que no responde al porcentaje de retorno, por ende, en el caso 1, el proyecto económicamente no es viable.

En relación al caso 2, las principales modificaciones están en el funcionamiento de la planta de generación durante todo el año para responder a los requerimientos de la almazara y de las actividades presentes en el olivar. En este caso el valor de la VAN fue \$ 15.160.873 CP con un horizonte de 15 años, una vez más es necesario destacar la inmensa diferencia entre el monto de inversión con el valor de la VAN, motivo por el cual el riesgo asociado al proyecto es elevado y no presenta las características de retorno como para aceptar tal riesgo. En el caso del valor de la TIR se observó un valor de 3,52%, apenas 0,11 % superior al valor de la tasa de descuento. El principal problema económico radica en el elevado valor del monto de inversión.

En general ya sea para el caso 1 o el caso 2, los valores obtenidos establecen un exceso de riesgo frente al monto de inversión, por lo tanto, en el caso de la utilización de la planta de generación de electricidad para la autosatisfacción de la almazara con alcances a las actividades del olivar, se establece que económicamente no es viable por causa del excesivo riesgo económico que tal actividad implica, más no se descarta que en caso de la combinación de olivares para generación y distribución de electricidad sea viable, tal como es el caso de lo que acontece en las cooperativas de olivares en España.

8. CONCLUSIÓN

La autogeneración de electricidad a partir de endocarpios provenientes de la industria del aceite de oliva en tres especies utilizadas en la zona centro del país resulta técnicamente viable, con características que permiten el uso de dichos residuos en la generación de energía eléctrica debido a su alto poder calorífico, con ello se cuenta con la capacidad en volumen de biomasa para generar la autosuficiencia energética, además de tecnologías disponibles en el país para llevar a cabo el cometido, junto a esto la posibilidad de valorizar los residuos que se obtienen por causa de la combustión de los mismos, por lo tanto, técnicamente presenta las condiciones para la valorización propuesta, más en términos económicos tal valorización no es viable. Esto principalmente por causa del elevado valor de inversión para una planta de generación y el bajo requerimiento eléctrico a suplir, por lo tanto, la unión de tales disparidades de producción y demanda establece la inviabilidad económica.

Los aspectos técnicos revisten a los endocarpios como una fuente potencial de recurso renovable de biomasa para combustión, junto con ello el volumen de este recurso puede aumentar por causa de los residuos agrícolas provenientes de las podas semestrales del olivar. La cantidad de biomasa alcanza sin mayor problema para la autosuficiencia energética de la almazara.

Aunque en Chile la industria del aceite de oliva está iniciando su desarrollo se propone tener en consideración la formación de cooperativas de almazaras para la generación de electricidad por medio de los endocarpios y la distribución de ella a los miembros de la cooperativa. La autogeneración presenta inviabilidad económica, pero la generación en conjunto con la distribución de la energía eléctrica presenta una mayor demanda, por lo tanto, el riesgo de inversión disminuye y aumentan los indicadores en estudio.

Frente a la problemática económica de la planta de autogeneración de electricidad, se propone la utilización del endocarpio en la generación de energía térmica, requerida para el proceso de secado en preparación para la segunda extracción de aceite de alperujo y para los requerimientos térmicos de la almazara, las oficinas y quienes vivan en el fundo. En el caso del alperujo sin el endocarpio se propone su tratamiento por medio del compostaje y su posterior utilización en el desarrollo del cultivo en el olivar o para venta en los fundos cercanos al olivar.

En caso que las sugerencias previas no pueden considerarse, se sugiere la venta del endocarpio a plantas de generación de electricidad por medio de la combustión de biomasa. Las condiciones características que posee permiten su uso sin problema.

9. REFERENCIAS

Agenda para la Innovación Agraria. (2004). Aceite de Oliva. Gobierno de Chile. Ministerio de Agricultura.

Águila F. (1996). Tratamiento de Alpechines, Comparación de los distintos métodos. Agricultura. Revista agropecuaria. 516-518.

Alba J., Ruiz M.A., Hidalgo F. (1992): Control de elaboración y características analíticas de los productos obtenidos en una línea continua ecológica. Dossier Oleo, 2, 43- 48 XII Mostra mercato di olio nuovo. Impruneta (Italia).

Alba J. (1994).El Orujo de aceituna. Evolución, Estado Actual y Perspectivas, Agricultura, nº 746, 812-814.

Alba J. (1994): Nuevas tecnologías para la obtención del aceite de oliva. Fruticultura Profesional (Suplemento), nº, 6285-95.

Alba J. (1997): El orujo de Aceituna. Un reto para la investigación y la tecnología Expoliva de 1997.

Alba, J., Hidalgo, F.J., Ruiz, M.A., Martínez, F., Moyano, M.J., Borja, R., Graciani, E. y Ruiz, M.V. (2001). Elaboración de aceite de oliva virgen. El Cultivo del Olivo, D. Barranco, R. Fernández-Escobar, L. Rallo (Eds.), p. 551-588, Prensa Mundial, Madrid, España. ISSN: 0017-3495.

Albuquerque J.A., González J., García D. y Cegarra J. (2004). Agrochemical characterization of alperujo, a solid by-product of the two phase centrifugation method for olive extraction. Bioresource Technology. 91, 195-200.

Antonopoulos K., Valet N., Spiratos D., y Siragakis G. (2006) Olive oil and Pomace olive oil processing. Instituto Científico, Grasas y Aceite. 57. 56-67,ISSN: 0017-3495.

Aparicio R. y Harwood J. (2003). "Manual del aceite de oliva". AMV-Prensa Mundial. Madrid. España.

Armesto L., Bahillo A., Veijonen K., Cabanillas A. y Otero J., (2002).Combustion Behaviour of Rice Husk in a Bubbling Fluidised Bed, Biomass and Bioenergy, 23, 171-179.

Armesto L., Bahillo A., Cabanillas A., Veijonen K., Otero J., Plumed A. y Salvador L., (2003). Co-combustion of coal and olive oil industry residues in fluidized bed, Fuel 82, 993-1000.

Ballesteros I, Oliva JM, Sáez F, Ballesteros M. (2001). Ethanol production from lignocellulosic byproducts of olive oil extraction. Biochemistry & Biotechnology 91 (3) 237-252

Benítez E., Sainz H., Melgar R y Nogales R. (2005). Vermicomposting of a lignocellulosic waste from olive oil industry: a pilot scale study. Waste Management and Research. 20 134-142.

Benítez E., Sainz H. y Nogales R. (2005). Hydrolytic enzyme activities of extracted humic substances during the vermicomposting of a lignocellulosic olive waste. Bioresource Technology. 96, 785-790

Borja R., Raposo F y Rincón B. (2006). Treatment technologies of liquid and solid wastes from two-phase olive oil mills. Instituto Científico, Grasas y Aceite. 57 (1), 32-46.

Camera, L., Angerosa, F.R. y Cucurachi, A. Influenza dello stoccaggio della olive sul costituenti della frazione sterolica dell'olio. R.I.S.G. 1978. 55, 107-112.

Bustamante A. y Cortés P. (2012). Aceite de Oliva. ODEPA. Oficina de estudios y políticas Agrarias. Ministerio de Agricultura. Gobierno de Chile.

CAR/PL. (2000). Prevención de la contaminación en la Producción de aceite de oliva Centro de Actividades Regionales para la Producción Limpia Plan de Acción para el Mediterráneo Ministerio de Medio Ambiente. España.

Cegarra J., Albuquerque J.A., González J y García D. (2000). Fertilización orgánica: compostaje de subproductos del olivar. Presentado en las jornadas de ECOLIVA 2000. Jaén.

CIREN. (2005) Evaluación de la superficie plantada de olivo. Ministerio de Agricultura. Gobierno de Chile.

Civantos, L., Contreras, R., Grana, R., (1992) Obtención del aceite de oliva virgen. Editorial Agrícola Española. S.A. Madrid España

Cooperativa Agro-alimentaria. (2009). Manual de ahorro y eficiencia energética del sector. Almazaras. España.

Comisión Europea.(2003)

http://ec.europa.eu/index_es.htm.

Consejo Oleícola Internacional. (2004).

www.internationaloliveoil.org/documents/viewfile/3627-normotes.

Cruz F., Mata J. y Palomar J.M. (1999). Aprovechamiento energético del orujo. Infopower. 18, 48-49.

Daryl Wilkendorf. (2012). Vicepresidente de Operaciones Industriales y Agrícolas, Agreserves SLC.

Di Giovacchino L. (1991): L'estrazione dell'olio dalle olive con i sistemi della pressione, della centrifugazione e del percolamento: incidenza delle tecniche operative sui rendimenti in olio. Olivae, 36:14-41.

Espigares M., (2009).Implicaciones medioambientales de combustibles de origen biomásico utilizados con fines energéticos. CIEMT. Ministerio de Economía y Competitividad. Gobierno de España.

Espínola, F., Moya, A. J. (1995) "Simulación del decanter centrífugo en la extracción del aceite de oliva virgen" VII Simposio Andaluz de Alimento, Jaén.

Fernández H. (1991) "Elaboración de aceite de oliva de calidad". Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. Sevilla.

García P y Otero J. (2000). Gasificación de biomasa: Descripción de las tecnologías. *Energía* 26 (1) 61-70.

Hermoso, M., Uceda, M., García-Ortiz, A., Morales, J., Frías. L. y Fernández, A. (1991 a). Elaboración de aceite de calidad. Junta de Andalucía.

Hermoso, M., Uceda, M., Llaverro, M.P., Jiménez, A. y Ruano, M.T. (1991 b) Influencia del tiempo y la temperatura de batido de la pasta de aceituna. 8th. Consultation of European Cooperative Research Network on Olives. Izmir (Turquía).

Hermoso M., Uceda M., Garcia-Ortíz, A., Jiménez, A. y Beltrán, G., (1999) "Second centrifugation of olive paste. Oil recuperation percent and olive oil characterization". *Acta Hortocultureae* 474, 721-724.

Ibacache A. (2007). Manejo agronómico e industrial de la producción olivícola. INIA-CRI Intihuasi. Gobierno de Chile. Ministerio de Agricultura.

IDAE. (2001). Optimización del Consumo de Energía en el Sector del Aceite de Oliva. Instituto para la Diversificación y Ahorro Energético (IDAE), Ministerio de Economía. Madrid.

Iglesias R. (2009). Aceite de oliva. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias - ODEPA -ODEPA. Teatinos 40 Piso 8 Fono: 397 3000 – Fax: 3973044 Casilla 13.320 Correo 21 – Código Postal 6500696 www.odepa.gob.cl Santiago de Chile

Jiménez L., Valera M. y Anaiz J. (1989). Procesos de conversión de biomasa residual en energía. III. Proceso de obtención de biogás, *Energía* 15 (6) 105-109.

Lasseter R. (2001). Microgrids (distributed power generation). *Power Engineering Society Winter Meeting. IEEE*, Vol. 1, 28 Jan-Feb, 146-149.

Lasseter R, Akhil A, Marnay C, Stevens J, Dagle J, Guttromson R, Meliopoulos S, Yinger R, Eto J. (2002). Integration of Distributed Energy Resources. The CERTS Microgrid Concept. Consortium for Electric Reliability Technology Solutions, Office of Power Technology of the US, Dep. of Energy, April 2002.

Lesage-Meessen, L.; Navarro, D.; Maunier, S.; Sigoillot, J.C.; Lorquin, J.; Delattre, M.; Simon, J.L.; Asther, M. & Labat, M. (2001). Simple phenolic content in olive oil residues as a function of extraction systems. *Food Chemistry*, Vol.75, No.4, (December 2001), pp.501-507, ISSN 0308-8146

Martin A.I., Moumen A., Yañez D.R. y Molina E. (2003) Chemical composition and nutrients availability for goats and sheep of two stage olive cake and olive leaves. *Animal Feed Science and Technology*, 107, 61-74

Martinez Nieto.L., Rodriguez S., Gimenez J.A., Lozano J.L., Muñoz A., Ortega J. y Hodaifa G. (2003). Efluente de la industria del aceite de oliva: Contribución al estudio de la composición y tratamiento de las aguas de lavado de aceituna y aceite. En: Jornadas de demostración y de transferencia de tecnología. 13-44. INFAOLIVA. Granada

Moreno R., Benítez E., Melgar R., Polo A., Gomez M y Nogales R. (2000). Vermicomposting as an alternative for reusing by-products from the olive oil industry. *Fresenius Environmental. Bulletin*. 9, 1-8

Niaounakis, M. y Halvadakis, C.P. 2004. Olive-Mill Waste Management: Literature review and Patent Survey. Typothito – George Dardanos Publications, Athens, Greece

Nogales R., Thompson R, Calmet A., Gómez M. y Elvira C. (1998). Feasibility of vermicomposting residuos from oil production obtained using two stages centrifuge. *Journal Environmental Science & Health. Part A. 33, 1491-1501*

Nogales R., Melgar R y Benítez E. (2006). Potencial Use of olive-waste Ash from cogeneration plants as soil Amendmend. *Journal Environmental Science & Health, Part B. 41, 1405-1415.*

Oktay, Z., (2006). Olive cake as Biomass Fuel for Energy Production', *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects, 28, 329-339*

Ortega, A. (1978 a) Posible Mejora en el Proceso de Extracción con disolventes del Orujo de Aceituna. I. Consideraciones Generales. *Instituto Científico, Grasas y Aceites. 29, 45-49.*

Ortega, A. (1978 b) Posible Mejora en el Proceso de Extracción con disolventes del Orujo de Aceituna. II. Máquinas Separadoras de las Fracciones Pulpa-Hueso. *Instituto Científico, Grasas y Aceites. 29, 147-157.*

Ortega, A. (1978 c) Posible Mejora en el Proceso de Extracción con disolventes del Orujo de Aceituna. III. Máquinas Granuladoras de la Pulpa Grasa Separada. *Instituto Científico, Grasas y Aceites. 29, 407-415.*

Ortega A., Palomar J.M., Cruz F., Mata J.E. y Montoro V. (2001 a). Separación de parte del hueso contenido en el orujo de aceituna húmedo a la salida del decantador centrífugo. Alimentación: equipos y tecnología 20(163) 105-116.

Ortega, A., Palomar, J. M., Cruz, F., Mata, J.E. y Montoro, V. (2001 b) Control Automático de Secaderos. Alimentación, Equipos y Tecnología. 160, 111-120.

Ortega, A., Palomar, J. M., Cruz, F., Mata, J.E., Montoro, V. (2001 c) Preparación de Orujos previa al Secado y al Proceso de Extracción con Disolventes. Alimentación, Equipos y Tecnología. 162, 95-107.

Ortega A., Palomar J. M. y Cruz F. (2004). Elaboración integral de las aceitunas con autogeneración de electricidad, comparada con el sistema actual de obtención del aceite de oliva virgen. Instituto Científico, Grasas y Aceites Vol. 55. Fasc. 3, 303-311.

Pastor M., Vega V. y Hidalgo J.C. (2005). Ensayos en plantaciones de olivar superintensivas e intensivas. Vida Rural 218, 30-40.

Rallo L. (1998). Fructificación y Producción en el cultivo de olivo. 2 edición (Barranco, D., Fernandez-Escobar, R., Rallo, L., Eds) Ediciones Mundi prensa

Rodríguez, G.; Rodríguez, R.; Guillén, R.; Jiménez, A. y Fernández-Bolaños, J. (2007). Effect of steam treatment of alperujo on the enzymatic saccharification and in vitro digestibility. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, Vol.55, No.1, (January 2007). 136-142, ISSN 0021-8561.

Rogers W.J.S. (1998). Grid Connection of Embedded CHP Plants. *Developments in Combined Heat and Power into the Millennium*. (Ref. No 1998/226) IEEE Colloquium, 20 May, 1998. 4/1-411.

Saavedra M. (2007). Tesis Doctoral. Biodegradación de Alperujo Utilizando Hongos del género *Pleurotus* y anélidos de la especie, *Eisenia foetida*. Universidad de Granada, Instituto de Biotecnología. España.

Sanz, D. M. Martín-Espigares, J.J. Rodríguez-Maroto, J.L. Dorronsoro, L. Armesto, A. Bahillo, R. Ramos, E. Coz, E y Rojas (2004). Previous Characterization of Fly Ashes from Leather Wastes Combustion in BFB (3.5 MWth), in *Procedure European Aerosol Conference*, Budapest.

Sala J.M. 1994. Cogeneración. Aspectos termodinámicos, tecnológicos y económicos, Publicaciones de Universidad del País Vasco, Bilbao.

Servicio de impuestos internos. Valor de UF en mes de Julio del año 2012. <http://www.sii.cl/pagina/valores/uf/uf2012.htm>.

Tabarés, J.L. (1994). Producción Industrial del Calor. Tórculo Ediciones. Santiago de Compostela. España.

Tardáguila J., Montero F., Olmeda M., Alba J., Bernabéu R. (1996) Análisis del sector del aceite de oliva. Revista: Alimentación, Equipos y Tecnología, Abril, 1996. España. <http://www.ujaen.es/huesped/aceite/articulos/paper.htm>.
Universidad de Jaén.

Tinaut, F.V. (2000). Predicción de las prestaciones de un MCIA que utiliza como combustible gas pobre procedente de gasificación. Actas del XIV Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica. Leganés, 2041-2046.

Torrecilla J. (2001). El aprovechamiento del Alperujo. Revista agropecuaria, ISSN 0002-1334, Nº 832. 734-737

Uceda M., Hermoso M y Frías, L. (1989). Factores que influyen en la calidad del aceite de oliva. 1º Simposio Científico-Técnico- Expoliva. Jaén. España.

Uceda M. Hermoso M. González J. (1995): Evolución de la tecnología del aceite de oliva, nuevos sistemas ecológicos; ensayos y conclusiones. Alimentación, Equipos y Tecnología, 5:93-98.

Uceda M., Jiménez A. y Beltrán G. (2006). Olive Oil Extraction and Quality. Instituto Científico. Grasas y Aceites, 57 (1), 25-31, ISSN: 0017-3495

Vilar J., Stahnke W.B., Geissen K. (2003). "Extracción de aceite de oliva: Calidad por tradición" EA Westfalia Separator. Germany.

Vilar J, Moya M, Espínola F. (2005). Orígenes, evolución y actual tendencia del sector oleícola-olivarero. I Congreso de Cultura del Olivo, Jaén, octubre, 441-455.

Vilar J. (2006). Análisis económico internacional del proceso de elaboración de aceite de oliva. Retos y estrategias de futuro. Westfalia Separator Andalucía, S.L.

Vossen P (2000). OLIVE OIL PRODUCTION. Fruit, Vegetable & Marketing Advisor, UC Cooperative Extension. Sonoma County. University of California.

Vossen P.M. & Devarenne A. (2005). California olive oil industry survey statistics. UC Cooperative Extension. Sonoma County. University of California.

Vossen P. (2007). Olive Oil: History, Production, and Characteristics of the World's Classic Oils Sonoma County University of California Cooperative Extension.