

**“VIII Congreso Argentino de Ingeniería Industrial”  
COINI 2015 –UTN FRC**

**EVALUACIÓN DEL DESTINO ENERGÉTICO, INTEGRAL Y  
EFICIENTE DE LOS RESIDUOS PROVENIENTES DE LA  
INDUSTRIA OLIVÍCOLA**

Moreno, Valeria K.<sup>1</sup>- Coggiola, Mauricio C.<sup>2</sup>- Spahr, Daniel A.<sup>3</sup>  
Rosso, Ezequiel<sup>4</sup>- Sarmiento, Santiago<sup>5</sup> - Bosch, Guillermo<sup>6</sup>

*GRUPO GICAPP*

*Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba*

*Maestro M. Lopez esq. Cruz Roja Argentina, N°S/N, CP X5016ZAA, Córdoba, Argentina*

<sup>1</sup> Email: *valeriakmoreno@gmail.com* – <sup>2</sup> Email: *mauriciocoggiola@hotmail.com*

<sup>3</sup> Email: *ingspahr@hotmail.com* – <sup>4</sup> E-mail: *ezerosso.utn@gmail.com*;

<sup>5</sup> E-mail: *Santis3015@gmail.com* – <sup>6</sup> E-mail: *GuilleBosch300@gmail.com*

**Área Temática: Gestión de la Calidad, Calidad Ambiental y de Responsabilidad Social de las Organizaciones**

**RESUMEN**

La industria olivícola en la Provincia de Córdoba genera anualmente miles de toneladas de residuos, que, por falta de tratamiento, crean problemas ambientales. Estos provienen de la poda de los árboles, la elaboración de aceitunas de mesa, y la elaboración de aceite de oliva.

Se evaluó la factibilidad ambiental, técnica y económica del aprovechamiento de dichos residuos para la instalación de un gasificador en la zona de Cruz del Eje e Ischilín, dando como resultado un proyecto inviable económicamente.

Se realizaron propuestas para la consecución de los estudios, siguiendo otras líneas de acción, y trasladando el análisis a La Rioja, por poseer mayor producción olivícola. Así, se constituyó un grupo de investigación interfacultades UTN, Facultad Regional Córdoba y La Rioja, cuyas principales características son:

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

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

A partir de estas premisas y luego de un profundo análisis, se determinaron como APROVECHAMIENTOS más convenientes los siguientes:

1. Generación de energía térmica a través de la producción de pellets y/o briquetas.
2. Generación de energía eléctrica a través de la instalación de biodigestores.
3. Producción de fertilizantes.

Se están realizando experiencias prácticas en pequeña escala y luego se extrapolarán a las magnitudes presentes en la finca estudiada.

A partir de los resultados obtenidos, entre teoría y práctica, se está llevando a cabo la definición del Modelo Estándar de Proceso, y con ello se desarrollarán los lineamientos para la construcción de una Planta Piloto que lo aplique.

**Palabras Clave:** biomasa, pellets, briquetas, biodigestión, fertilizantes.

## ABSTRACT

The olive industry in the province of Cordoba, annually generates tons of thousands of residues, which by the lack of treatment, create environmental problems. Residues are created by trimming down the trees, the elaboration of edible olives and fabrication of olive oil.

The feasible environmental, technical and economical evaluation, about the use of those residues for the installation of a gasifier in the zone of Cruz del Eje and Ischilín, giving the result of a nonviable project in the economical sense. The continuation was proposed for the studies, following other lines of action, and moving the analysis to La Rioja, for having massive olive production. An investigation group was formed by members of the Facultad Regional Cordoba and Facultad Regional La Rioja. Whose main characteristics are: HYPOTHESIS: The exploitation of the olive residues in generating thermal energy, results the most affordable alternative energy, gives environmental advantages in relation to the non-energetic uses, and it will contribute to better progress in the productive sector.

GENERAL OBJECTIVE: To evaluate the most affordable and sustainable environment from the use of olives residues, generating a Standard Model Process applicable to any sector industry. From these premises and after a profound analysis, it was determined how to exploit them in the best way:

1. Generation of thermal energy by the production of pellets and briquettes.
2. Generation of electrical energy by the installation of biodigestors.
3. Production of fertilizers.

Practical experiences are being accomplished in a small scale and then it will be taken to the magnitudes presented in the studied plantation.

Depending of the results obtained, in between theory and practical, the Standard Model Process is being carried, and guidelines are being formed for the construction of a Test Plant which could apply.

## 1. INTRODUCCIÓN

Tanto la producción como la industrialización olivícola (1) generan grandes cantidades de residuos (2) que por falta de tratamiento, terminan creando problemas ambientales (3). La biomasa residual proviene por un lado de la poda (4) del olivar y por el otro de la industria, ya sea durante la elaboración de las aceitunas de mesa (5) o durante la extracción (6) del aceite de oliva (7).

En el caso de la elaboración de aceitunas de mesa (8), los mayores residuos que pueden obtenerse son hojas, las cuales llegan a la industria en los cajones junto con las aceitunas, y los huesos o carozos de las aceitunas que se quitan de las mismas para elaborar las aceitunas sin carozo.

En el caso de la industria del aceite de oliva (9), los residuos que se pueden obtener son orujo (10) (11) y el alpechín (12) generados en el proceso de elaboración (13), los cuales en su conjunto forman lo que se denomina alperujo; y también se obtiene un residuo denominado orujillo (14) (15), el cual proviene de la elaboración del aceite de orujo. Estos son considerados "subproductos" de la elaboración, y en base a su constitución y características son utilizados por la propia industria como medio de valoración: de la eficacia del sistema de elaboración, de la bondad de las condiciones de trabajo establecidas y del comportamiento de las variedades de aceitunas utilizadas, en función de su textura, estado sanitario y maduración.

Como se mencionó, si no se realiza un tratamiento adecuado de los mismos (16) (17), terminan creando problemas ambientales (18) (19), entre los que se pueden mencionar la contaminación del suelo y del agua por medio de los residuos líquidos que se generan; la contaminación del suelo y del aire provocada por la descomposición de los residuos sólidos, debido a que al no tener un destino final, los mismos se colocan en el predio de la empresa, al aire libre y sin ningún tratamiento.

Por estas razones, diferentes estudios (20) han sido realizados con el fin de brindarles un destino adecuado a los mismos (21). Estos estudios pueden dividirse en general en tres grandes áreas, sobre las cuales se realizarán los análisis correspondientes en la región (22) (23):

- APLICACIONES ENERGÉTICAS (24) (25) (26), dentro de las cuales se encuentran (27) (28):
  - Generación de Energía Térmica (29) (30).
  - Generación de Energía eléctrica (31) (32) (33).
  - Cogeneración (34) (35).
- Producción de ALIMENTO para ANIMALES (36).
- Producción de FERTILIZANTES (37).

## 2. DESARROLLO: ANÁLISIS DE LOS CAMPOS DE APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS

### 2.1. Alternativa 1: Aprovechar el mercado de generación de energía térmica

La magnitud de la energía disponible en la finca anualmente, permite pensar en su utilización como una fuente alternativa de energía térmica.

Las instalaciones térmicas de Biomasa están abastecidas con Biomasa en sus distintas formas (pellets, astillas, huesos de aceitunas triturados, etc.). La combustión de estos elementos produce una emisión reducida de contaminantes, y no contribuye al efecto invernadero por tener un balance neutro de CO<sub>2</sub>.

Además, estos equipos presentan una alta resistencia al desgaste, larga vida útil y un rendimiento energético de entre 75% y 90%. Todo esto sitúa a las calderas de Biomasa como una alternativa muy importante para instalar en diversas industrias, y en hogares, para el ahorro energético, y además favorecer el freno del cambio climático, sustituyendo a las calderas de gas y de gasoil.

Esta energía térmica, puede aprovecharse en la finca, durante la realización de los procesos productivos, y sustituir así la utilización de combustibles fósiles. Además, como ocurre en algunas ciudades del mundo, se puede ir sustituyendo gradualmente la generación de energía térmica tradicional para calefacción de hogares, o incluso empresas de diversos rubros, como la hotelería y el turismo, por esta opción de energía alternativa, sustituyendo de esta manera, tanto el uso de combustibles fósiles, como el uso de la leña.

Además, al generarse la necesidad de transformar el residuo en pellets, se necesita la instalación una planta que los produzca, lo cual implica la creación de nuevos empleos directos para su operación y mantenimiento, mientras que también aporta a la mejora y sostenimiento de otros puestos de trabajo relacionados con la logística de recolección de descarte.

Esta alternativa, genera además otra ventaja considerable, la prevención en los incendios que pueden generarse por disponer de un material seco distribuido en la finca. Uno de los motivos de la extensión de los incendios forestales es la falta de limpieza de las ramas secas, leña, arbustos secos, etc. que quedan en el suelo del bosque. El desarrollo de la utilización de la biomasa fomenta estas limpiezas, por lo que en un futuro es de esperar que los incendios también disminuyan.

A este tipo de residuo, puede agregársele también el orujo seco, el orujillo y del hueso de la aceituna, los cuales, de la misma manera que los residuos de la poda, se pueden quemar directamente en calderas para la obtención de energía térmica.

### **2.1.1. Análisis: briquetas vs pellets**

En rasgos generales, la utilización de **briquetas** está orientada a solucionar tres aspectos particulares:

1. La artesanidad de la producción,
2. El costo de inversión en las plantas de densificación,
3. La calidad de la materia prima a densificar,

En el caso puntual de nuestro país podríamos potencialmente agregar como un cuarto al **proceso de adaptación** a la conversión de la combustión tradicional de leña en hogares a la de productos densificados en los mismos.

El **pelletizado** contrariamente, requiere un mayor control de las materias primas involucradas, su origen, pureza, tamaño de partícula y grado de humedad contenido son esenciales para obtener un pellet de buena calidad, de hecho existen normas en varios países para clasificarlos de acuerdo al porcentaje en peso y composición de la ceniza producida y poder calorífico involucrado. Este reducido tamaño y homogeneidad superior en el pellet, permite su uso como combustible casi fluido, es decir, se adapta a sistemas de alimentación automáticos controlados electrónicamente y sistemas de almacenamiento y recarga similares a los de combustibles líquidos que facilitan la adopción de éstos sistemas en reemplazo de los tradicionales basados en GLP o Gasoil.

Dada su similitud, ¿cuándo deberíamos inclinarnos por las briquetas en vez de los pellets? Fundamentalmente para el **uso doméstico en chimeneas, estufas, salamandras, hornos y calderas individuales y también en actividades industriales** (2 kg de briquetas sustituyen a 1litro de gasoil). Los pellets, por su parte, debido a su fácil manipulación han terminado por ser una alternativa óptima a las calderas de carbón mineral.

En nuestro país debido a que no existe el consumo interno de pellets combustibles, tampoco existen normativas al respecto, en general las empresas que realizan producción de pellets lo hacen con miras a la exportación, basándose en las normativas vigentes en los mercados meta.

### **2.1.2. Selección: elaboración de briquetas para la generación de energía térmica**

#### **2.1.2.1. Fabricación de briquetas**

La experiencia ha mostrado que la ejecución satisfactoria de nuevos proyectos técnicos depende de factores socioculturales, históricos y económicos, así como de los puramente técnicos. Muchos proyectos que representaban mejoras técnicas evidentes han fracasado porque no se han tenido en cuenta los factores no técnicos.

Cuando se comienza un nuevo proyecto, es indispensable realizar una labor preliminar de organización e investigación antes de proceder a la planificación técnica. El modo más eficaz de tener éxito consiste en evaluar la situación desde varios puntos de vista, es decir, los de las administraciones forestales, las asociaciones de mujeres, los contratistas y los técnicos. Hay que invitar a estos grupos a expresar sus puntos de vista acerca de la disponibilidad de los desechos de combustible, el ambiente social, las actitudes de la población local con respecto a la innovación y los factores económicos y otros elementos pertinentes.

Con arreglo a estas consultas deberían establecerse los objetivos de promoción de nuevos combustibles. Hay que tener en cuenta, además, los aspectos ambientales, ya que la combustión de desechos de la biomasa en estufas elimina uno de los elementos importantes de la cadena ecológica. En condiciones normales, los desechos de la biomasa vuelven al suelo. Si se rompe este delicado equilibrio, pueden notarse sus consecuencias en la disminución de la productividad del suelo, y en condiciones extremas, en su desertificación.

A causa de la interdependencia existente entre el combustible y las estufas, se recomienda que se emprendan al mismo tiempo programas de mejoramiento de ambos elementos. Un programa combinado podría consistir en mejoras de los modelos de estufa y los tipos de combustibles existentes para adaptarlos a la manera local de preparar los alimentos.

#### **2.1.2.2. Ventajas de la fabricación de briquetas**

- ✓ Los costes de fabricación son menores a los de otros combustibles.
- ✓ Es la solución para muchas serrerías, carpinterías y otras industrias que generan subproductos necesarios para la fabricación de briquetas y no saben cómo gestionarlos y ponerlos en valor.
- ✓ No necesitan sustancias aglutinantes para su producción.
- ✓ Tienen alto poder calorífico, cuatro veces el de la madera.
- ✓ Su combustión no produce humos y genera muy pocas cenizas.
- ✓ Se pueden utilizar en cualquier caldera de biomasa, estufa u horno.
- ✓ Las briquetas son un tipo de biomasa, por tanto su combustión produce emisiones consideradas neutras.
- ✓ Presentan una alta densidad, lo que permite no tener que disponer de grandes espacios para almacenar gran cantidad de material.
- ✓ Son limpias y fáciles de manipular.

### 2.1.2.3. Experiencia práctica en la fabricación de briquetas

Como se analizó en el informe preliminar, el proceso manual de fabricación de briquetas fue atrayente para el grupo debido a las siguientes características:

- La materia prima no necesariamente debe ser de alta calidad, es decir, la granulometría puede ser variada y de tamaño mayor a la de los pellets, lo que ocasionaría una elección de astilladoras más convencionales y económicas. A su vez, la humedad correcta se puede deducir sin mayores controles.
- La maquinaria necesaria, es muy rudimentaria y de fácil uso, además, se cuenta con los planos para fabricarla, y su costo es accesible.
- Socialmente, se podría dar el visto bueno, ya que, significaría un puesto de trabajo por cada briquetizadora. El personal encargado de la manipulación, y por ende para la producción de briquetas, no necesariamente debe tener algún tipo de requerimiento especial, los únicos requisitos serían los asignados por las leyes y normas de higiene y seguridad del trabajo. Esto significaría una posible inclusión a sectores más humildes.
- Desde el punto de vista energético, en una caldera que se utiliza para mantener los fluidos a una cierta temperatura, no mayor a los 50 °C, las briquetas tienen una ventaja sobre los pellets, debido a que su combustión es lenta. Esto se debe a la mayor superficie libre que posee con respecto a los pellets. Sin embargo, el poder calorífico es mucho menor, así mismo, para ejemplos como el proceso de aceite de oliva que necesita mantener la temperatura de la mezcla a unos 28 a 30 °C, la combustión sería óptima.

Por estos motivos, se seleccionó la prensa que se muestra a continuación, para realizar la experiencia práctica de la fabricación de briquetas.

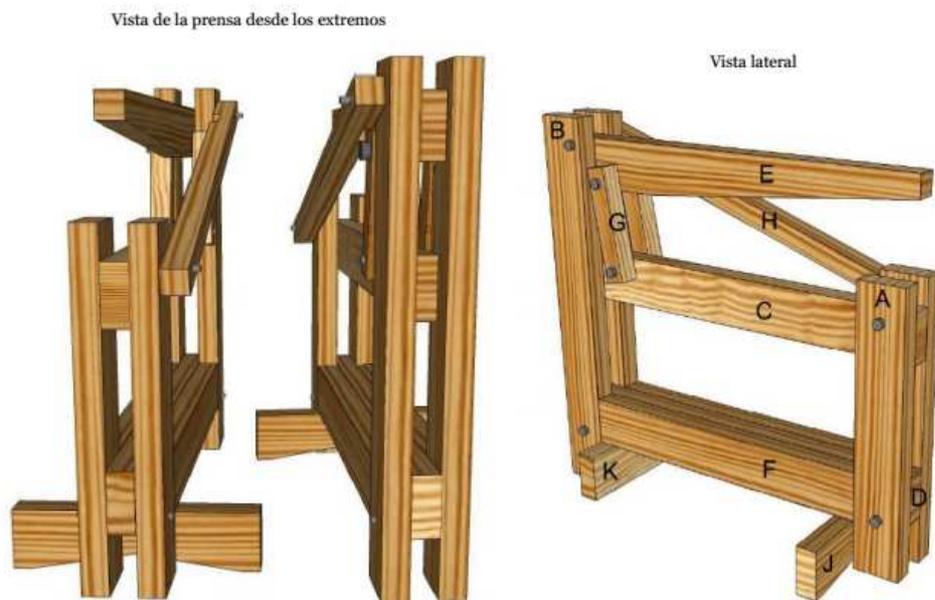


Figura 1: Modelo de prensa (Fuente: <http://www.bajatec.net/>)

Se decidió realizar una prensa manual de madera, cuyas ventajas son las siguientes:

- ✓ La alternativa de prensa manual permite mayor versatilidad en la elaboración de moldes, ya que los mismos podrían producirse en modelos diversos y a menor costo, permitiendo realizar mayor cantidad de pruebas con diferentes tamaños y formas de briquetas.
- ✓ La prensa manual tiene un costo más accesible y es más sencilla su fabricación, pudiendo ser realizada por los integrantes del grupo.
- ✓ Otra ventaja de esta prensa es que se puede desarmar fácilmente (y rearmar) para transportarla ocupando poco espacio y/o enviarla a fincas u otros lugares de uso.

## **2.2. Alternativa 2: Aprovechar los residuos para la generación de energía eléctrica**

La generación de energía eléctrica puede realizarse mediante UNA TURBINA DE GAS o mediante UN MOTOR ALTERNATIVO. La utilización de una u otra tecnología de generación depende de la cantidad de biomasa disponible y de la potencia a instalar, siendo mayores las cantidades necesarias para la instalación de una turbina de gas. Para el caso de la finca, debido a la magnitud de residuos, sería conveniente la aplicación de un motor alternativo.

Ambas tecnologías de generación pueden utilizar GAS DE SÍNTESIS O GAS POBRE, O BIOGÁS. El GAS DE SÍNTESIS O GAS POBRE (según el procedimiento que se utilice) es procedente de la gasificación de un recurso sólido. La GASIFICACIÓN es un proceso de combustión incompleta que se origina cuando la biomasa se somete a temperaturas de entre 600°C y 1.500°C en una atmósfera pobre en oxígeno.

Hasta hace unos años, esta tecnología no estaba disponible en el país, por lo cual debía importarse haciendo que los costos de esta inversión se elevaran considerablemente y el período de recuperación de la misma la tornara inviable. Sin embargo, el INTI viene probando con éxito en el Chaco desde fines de 2010 un equipo para la gasificación de la madera, lo cual abre la posibilidad de realizar su instalación en otros puntos del país, y con otros tipos de residuos. En este caso podrían aprovecharse los siguientes tipos de residuos: orujo seco, orujillo, hueso y poda. La otra opción al proceso de gasificación, es la utilizar el BIOGÁS es procedente de una digestión anaerobia. La DIGESTIÓN ANAEROBIA es un proceso biológico en el que la materia orgánica, en ausencia de oxígeno, y mediante la acción de un grupo de bacterias específicas, se descompone en productos gaseosos o BIOGÁS (CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, etc.), y en digestato, que es una mezcla de productos minerales (N, P, K, Ca, etc.) y compuestos de difícil degradación. En este caso podría aprovecharse el alperujo para la generación de biogás y se utilizado luego en un biodigestor. La ventaja de esta alternativa con respecto a la gasificación, es el bajo costo de los equipos a utilizar, ya que la tecnología que se emplea en estos casos es mucho más conocida y utilizada que el gasificador, y puede fabricarse a nivel local.

También puede evaluarse la alternativa de COGENERACIÓN, con lo cual, mediante un motor alternativo o una turbina de gas, se generan de forma simultánea energía eléctrica y térmica, aprovechándose esta última en el secado de orujo. En este caso la inversión es mayor, pero se aprovecharía la energía térmica que se genera durante el proceso de generación de energía eléctrica, y que de otro modo se perdería.

Con respecto a este tema, en el marco del encuentro Expolivo 2012, que congregó además a expertos de Argentina, Chile, España y hasta Argelia, en una nota brindada a E-RENOVA por el director del Programa de Industria de Servicios y Ambiente del INTI (PISyA), el ingeniero Alberto Anesini, se informó que "En la jornada, básicamente hablamos de tres temas en los que el Instituto tiene conocimientos para asesorar a los productores", "Son los estudios de prefactibilidad para aplicaciones de energías sustentables, el uso de energía solar para riego y la revalorización energética de los residuos líquidos y sólidos". Las posibles soluciones al problema contaminante pasa por adoptar estrategias para el tratado de los vertidos, tales como extracción secundaria del aceite, biodigestión, [...] gasificación o compostaje". En esto último coincide por completo el representante del INTI en la feria: "Las tecnologías son conocidas y pueden desarrollarse localmente, dando tracción a la industria nacional, generando inclusión y desarrollo. Las soluciones están en manos de cada uno de nosotros, pero trabajando juntos".

### **2.2.1. Análisis**

Existen múltiples opciones para el aprovechamiento energético de este tipo de residuos. Luego del análisis teórico, y de la visita realizada en la finca Xante S.A., se ha decidido continuar el estudio sobre uno de estos procesos: la Biodigestión.

El resto de los procesos, si bien resultan muy interesantes en su análisis y pueden llegar a ser de utilidad en otros ámbitos, lo que priorizamos en esta estudio es el desarrollo de una metodología que cumpla con los siguientes puntos de análisis:

\*MAGNITUD DE RESIDUOS DISPONIBLES: El orujo húmedo proveniente de la elaboración del aceite de oliva es uno de los residuos más abundantes y es el que puede utilizarse en este proceso.

\*ECONÓMICO: Dentro de los métodos analizados, la elaboración de un biodigestor resulta más económico que el resto de los procesos, como puede resultar, la instalación de un gasificador, o de una planta de elaboración de biocombustibles.

\*AMBIENTAL: Todos resultan poco agresivos con el Medio Ambiente.

\*TECNOLOGÍA DISPONIBLE: La tecnología necesaria para la fabricación de un biodigestor se encuentra disponible en el país, a través de diversos procedimientos, materiales, según las necesidades de cada caso en cuestión.

Por lo expuesto, la construcción de un biodigestor será uno de los puntos centrales a analizar en el proyecto.

## **2.2.2. Selección: Producción de biogas para la generación de energía eléctrica / térmica**

### **2.2.2.1. Tipo y tamaño de biodigestor a utilizar**

Durante el periodo de búsqueda de información a acerca del poder que tendrá el gas entregado por nuestra materia prima, desde el área encargada de generación eléctrica, se propuso la idea de realizar una experiencia propia a fines de obtener datos relevantes que servirán para definir la viabilidad económica y ecológica de este proyecto.

El primer modelo que se planteo fue un biodigestor horizontal de 200 lts. Este no convenció al equipo por lo que inmediatamente dejó de estar en primer plano y el nuevo protagonista para nuestra experiencia sería uno, también horizontal, pero de 900 lts. (aprox.). La idea nueva generó muchas expectativas en el grupo, se produjo una nueva etapa de diseño con los actuales parámetros de trabajo. En simultáneo, se producía el desmalezamiento del terreno en donde se instalaría nuestro biodigestor.

Días previos a la construcción del sistema de tuberías, sellados, agitador y demás componentes, realizó el contacto con la empresa ROTOPLAST, la cual en su gama de productos, cuenta con un modelo de tanque utilizado para el tratamiento de efluentes. Con esta nueva alternativa en juego, el grupo decidió cambiar su rumbo. Con este nuevo tanque la experiencia iría notablemente más rápido que con la idea que previamente se estaban manejando.

- ✓ Económicamente, el proyecto no modificaría notablemente el presupuesto de lo que, en una primera instancia, se había preestablecido.
- ✓ Desde el punto de vista de la velocidad en el avance de la investigación, se aceleraría considerablemente. Debido a que los pasos de construcción del recipiente para la biomasa, se reduciría a simplemente la instalación.
- ✓ Si hablamos de seguridad, este equipo nos brinda una confianza mayor en lo que respecta al sellado del tanque, ya que todos sus componentes han sido diseñados de forma tal que no hallan fugas de gases.
- ✓ Dimensionalmente la nueva opción se ajusta muy bien a los volúmenes que se manejaban con anterioridad. Si bien en un primer momento el tanque original era de 900 litros, y este nuevo es de 600 litros, la cantidad de muestra a ensayar continúa siendo representativa a fines de determinar las características del gas que se buscan.

### **2.2.2.2. Descripción de cualidades**

Estructuralmente el biodigestor ROTOPLAST cuenta con una tapa la cual cuenta con un sistema de cerrado y sellado gracias a su particular sistema de manija que traba con el borde y permite que la goma, que sirve de selladora, pueda llenar todos los intersticios que puedan aparecer debido a las imperfecciones de fabricación.

Posee un sistema de ingresos y egresos de elementos sólidos y líquidos que serán encargados de producir nuestro gas y producir, también, un fertilizante con un alto poder para utilizarlo en la industria agropecuaria.

1) Por este tubo señalado, es por donde ingresa la materia que se ensayara. Cabe destacar que su estratégica posición relativa con respecto al resto del sistema, es de destacar ya que al ser el de mayor altura, la materia nunca hará de tapón en este conducto.

2) El conducto número 2 es por donde se realizara la limpieza y agitación de la materia para evitar costras y de esta forma lograr que la biomasa se descomponga de forma pareja y las bacterias puedan trabajar de forma regular.

3) Por la tubería numero 3, se extraerá el gas que estamos buscando.

4) El tubo número 4 es por donde saldrá la materia que ya ha sido utilizada en forma de lodo. Gracias a esta salida, el nivel de biomasa permanecerá constante al nivel del nombrado conducto, lo cual, como se menciono para el conducto 1, nunca se producirá un efecto tapón en la entrada del tanque.

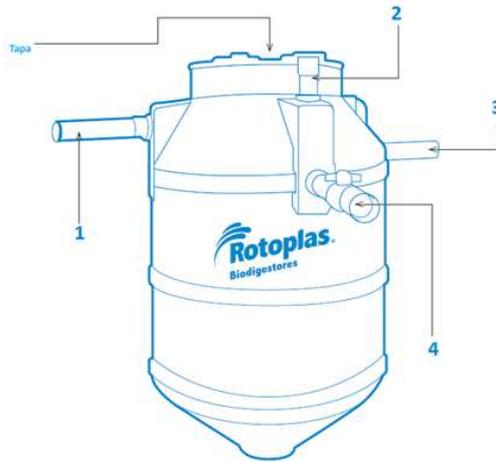


Figura 2: Biodigestor Rotoplast (Fuente: <http://www.rotoplasargentina.com.ar/>)

### **2.3. Alternativa 3: Elaboración de fertilizantes/compost**

#### **2.3.1. Análisis: Ventajas y desventajas del compostaje**

Para las empresas puede significar importantes ventajas en términos de tiempo y costes, debido a que el compostaje del residuo se produce de forma natural en el propio suelo y en explotaciones cercanas a las almazaras.

Igualmente no todos los cultivos ni suelos son aptos para incorporar directamente estos residuos sin previo compostaje, resultando los más idóneos los suelos dedicados a olivar con una capacidad de intercambio catiónico media o elevada.

Por lo cual, en este caso se deben realizar dos análisis al respecto: En primer lugar, se debe evaluar si el suelo admite la utilización de estos residuos sin previo compostaje. Y en segundo lugar, se debe evaluar si la utilización del alperujo resulta viable de esta forma, o si se obtiene una mayor ganancia a través de su secado y su posterior venta para la elaboración de aceite de orujo. En otras provincias, como por ejemplo Córdoba, la fabricación de aceite de orujo, es una actividad que resulta inviable, debido a su baja rentabilidad, por lo cual, debería realizarse un análisis más profundo y evaluar que alternativa es más conveniente, económica y ambientalmente para la finca. Los beneficios del empleo de este desecho van más allá de las grandes ventajas económicas, ya que supone un «enorme beneficio medioambiental». Al disminuir la fabricación de fertilizantes químicos, sobre todo los nitrogenados, se liberaría menos CO<sub>2</sub> al ambiente, y por otro, se produciría el denominado «secuestro de carbono», al quedar éste almacenado en el suelo durante varios años antes de pasar a la atmósfera.

Sin embargo, durante 2013 tan sólo se compostó un 1% de la producción total. Así, en ese año únicamente se trataron 45.000 toneladas de alperujo para su utilización posterior como fertilizante.

#### **2.3.2. Causas de no utilización del compostaje de alperujo**

Existen 2 causas que provocan que no se reutilice todo el alperujo a pesar de sus beneficios económicos y medioambientales. En primer lugar apunta el desconocimiento de la técnica de compostaje por parte tanto de las empresas extractoras como los agricultores. Y a este desconocimiento se suma la importante inversión que hay que realizar en materia de infraestructuras para la correcta realización del proceso de compostado, además de la necesidad de poseer una gran cantidad de suelo para producir el compost.

#### **Impacto esperado**

- ✓ Reducción de los posibles efectos contaminantes del agua
- ✓ Aumento de la cantidad de aceite extraído por extracción secundaria
- ✓ Mejoras en el manejo de los cultivos

## **2.4. Alternativa 4: Producción de alimento para animales**

### **2.4.1. Análisis: Utilización de la hoja y orujo húmedo en la alimentación animal**

Es indudable que los subproductos del olivar representan un potencial de recursos forrajeros considerable, aunque insuficientemente explotado.

Cada uno de estos subproductos, sean los orujos en sus distintas formas, las hojas y el ramón de olivo o los alpechines, tiene un valor nutritivo limitado pero nada despreciable.

Se han realizado o se están realizando trabajos de investigación interesantes con miras a optimizar su utilización en la alimentación animal.

Se puede recomendar la utilización general de los subproductos del olivar (hojas y todo tipo de orujos) teniendo bien presente que deben considerarse como alimentos lignocelulósicos bastos comparables a la paja de cereal o al heno de calidad mediocre.

En este caso, tal como ocurre en el análisis de la utilización del alperujo como fertilizante, se debe evaluar si la utilización del orujo húmedo resulta viable de esta forma, o si se obtiene una mayor ganancia a través de su secado y su posterior venta para la elaboración de aceite de orujo.

### **2.4.2. Conclusiones de la producción de alimento para animales**

1. Los orujos probablemente no contienen sustancias tóxicas o inhibitoras. Su mala utilización digestiva y metabólica se debería principalmente a su alto grado de lignificación y a los procesos tecnológicos empleados en la extracción del aceite, en los que son objeto frecuentemente de un fuerte calentamiento.
2. Administrados solos:
  - son poco apetecibles (aunque el hecho de agregar del 8 al 10 por ciento de melaza de remolacha permite un nivel de ingestión elevado),
  - provocan pérdidas de peso en el animal,
  - son mal digeridos,
  - suponen una producción reducida de amoníaco y de ácidos grasos volátiles, lo que demuestra su limitado valor nutritivo.
3. La película y las cáscaras son poco digestibles. El valor nutritivo del orujo mejora con el tamizado, que elimina parcial o totalmente las cáscaras. Un tamizado "a fondo" que no dejara más que un producto muy ligero constituido principalmente por la película tendría un efecto contrario. En la operación del tamizado se deben conservar los trozos de la almendra triturada, que son particularmente ricos en proteínas y son muy digestivos.
4. Su utilización sin ningún tipo de tratamiento previo puede garantizar resultados normales (engorde de los corderos), a niveles de aporte inferiores al 30 o el 40 por ciento y un complemento adecuado de proteínas y minerales,
5. Algunos tratamientos pueden mejorar el valor nutritivo de los orujos:
  - a. El tratamiento industrial con soda, a pesar de que produce un indudable mejoramiento, sigue teniendo un alcance limitado, ya que las inversiones son elevadas;
  - b. el tratamiento con amoníaco gaseoso (ensilado) sería más prometedor por el hecho de mejorar la digestibilidad y representar un aporte de nitrógeno suplementario.  
Indudablemente sería rentable complementar los orujos con una fuente nitrogenada de buena calidad y de bajo costo, y los primeros ensayos con excrementos de aves parecen prometedores.  
En el Cuadro 17 se resumen las posibilidades de utilización de los orujos de aceituna en la alimentación de los animales. Dado el estado actual de los conocimientos parece que todos los tipos de orujos pueden utilizarse sin riesgo ad libitum en operaciones de salvaguardia, pero ninguno puede garantizar un tipo de producción intensiva.

En base a todo lo establecido en la investigación, lo expuesto en estas conclusiones y lo que se pudo indagar en diálogos con personal idóneo en el tema, en la visita realizada a La Rioja, este aprovechamiento no sería de interés, debido entre otras cosas a lo siguiente:

- ✓ Existen otros alimentos que son más adecuados para los animales de la zona.
- ✓ Requieren un proceso de transformación que encarecería su producción, pero no elevaría el precio de venta.
- ✓ El precio que se paga por el orujo es mínimo en comparación con lo que puede obtenerse si se lo transforma en subproductos aprovechables energéticamente o como fertilizante.
- ✓ No se genera ningún beneficio medioambiental o social en su producción.

### 3. CONCLUSIONES

La finca Xante SA posee un potencial biomásico que puede ser aprovechado de múltiples formas. En base a todo lo expuesto en este informe, a raíz de la investigación realizada, de la visita y el contacto generado con el grupo presente en La Rioja, se determinó finalmente continuar la investigación en base a tres tipos de aprovechamiento.

Estos aprovechamientos resultaron los más favorables, en base a la comparación entre las diferentes alternativas planteadas teniendo en cuenta los siguientes parámetros, que serán la base para la próxima etapa de la investigación:

- ✓ MAGNITUD DE RESIDUOS DISPONIBLES: Este será el primer condicionante.
- ✓ ECONÓMICO: Cual resulta más económico en cuanto a su aplicación y mantenimiento.
- ✓ AMBIENTAL: Cual resulta menos agresivo con el Medio Ambiente.
- ✓ TECNOLOGÍA DISPONIBLE: Qué tecnología se encuentra disponible en el país.

En base a la comparación realizada, los aprovechamientos a profundizar son:

- ✓ Generación de energía térmica a través de la producción de pellets y/o briquetas.
- ✓ Generación de energía eléctrica a través de la instalación de biodigestores.
- ✓ Producción de fertilizantes.

En estos tres campos se centrará el análisis a realizar, y en base a ellos se definirá finalmente el Modelo Estándar de Proceso a aplicar en la finca en la cual se está realizando el análisis, pero que será también aplicable a las distintas industrias del sector olivícola.

En base a la comparación realizada, se seleccionará la alternativa más conveniente, y se definirá un Modelo Estándar de Proceso, que pueda ser aplicado en general en este tipo de industrias, el cual estará basado en los resultados arrojados por el análisis de las cuatro alternativas propuestas, y en general tendrá el siguiente esquema:

- ✓ INPUTS: Comprendidos por los residuos que finalmente se utilizarán.
- ✓ PROCESO: El proceso seleccionado como el más conveniente.
- ✓ RESULTADO: Las opción más conveniente entre: Energía / Fertilizantes / Alimento para Ganado.

### 4. REFERENCIAS

1. <http://www.sabor-artesano.com/cualidades-caracteristicas-aceite.htm>
2. <http://www.infoagro.com/olivo/aceitunamesa5.htm>
3. <http://www.portalolivicola.com/2011/05/30/argentina-prosperan-proyectos-olivicolas-en-la-rioja/>
4. <http://www.inta.gov.ar/larioja/news/Art070606b.htm>
5. <http://www.infoagro.com/olivo/aceitunamesa.htm>
6. <http://www.sabor-artesano.com/aceite-oliva.asp>
7. <http://www.aceitedeoliva.com/variedadesaceite.htm>
8. <http://www.sabor-artesano.com/aceituna-de-mesa.htm>
9. <http://www.sabor-artesano.com/elaboracion-aceite-oliva.htm>
10. <http://www.fao.org/docrep/004/X6545S/X6545S02.htm>
11. <http://www.expoliva.com/expo97/ponencias/Foro-IND/JoseAlba.html>
12. <http://thales.cica.es/rd/Recursos/rd99/ed99-0267-01/subpro.htm>
13. <http://www.sabor-artesano.com/elaboracion-tradicional-aceite.htm>
14. <http://www.oleicolajaen.es/productos-combustion/orujillo/>
15. <http://www.renovablesverdes.com/planta-de-orujillo-unica-en-el-mundo-esta-en-espana/>
16. [http://www.elindependiente.com.ar/papel/hoy/archivo/noticias\\_v.asp?197959](http://www.elindependiente.com.ar/papel/hoy/archivo/noticias_v.asp?197959)
17. [http://energia3.mecon.gov.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/contenidos\\_didacticos/publicaciones/libro\\_energia\\_biomasa.pdf](http://energia3.mecon.gov.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/contenidos_didacticos/publicaciones/libro_energia_biomasa.pdf)
18. <http://www.politicaspublicas.uncu.edu.ar/articulos/index/estudio-preliminar-para-localizar-tratadora-de-efluentes-industriales-aceiteros-olivicolas>
19. [http://www.cofecyt.mincyt.gov.ar/pdf/productos\\_alimenticios/Olivicola.pdf](http://www.cofecyt.mincyt.gov.ar/pdf/productos_alimenticios/Olivicola.pdf)
20. Fernando Sebastián Nogués - Javier Royo Herrero. CICLO ENERGÍAS RENOVABLES. JORNADAS DE BIOMASA. GENERALIDADES. Fundación CIRCE, Abril de 2002
21. <http://www.greenpeace.org/raw/content/argentina/cambio-climatico/revolucion-energetica.pdf>
22. <http://www.inta.gov.ar/concordia/investiga/programa/investiga/olivo.htm>
23. <http://www.cadenasproductivas.com.ar/cadenas/olivicola/presentacion.html>
24. [www.icogen-sa.com](http://www.icogen-sa.com)
25. Guascor. Bioenergía
26. [www.idae.es\\_index.php\\_mod.documentos\\_mem.descarga\\_file=\\_documentos\\_10737\\_Biomasa\\_gasificacion\\_07\\_d2adcf3b](http://www.idae.es_index.php_mod.documentos_mem.descarga_file=_documentos_10737_Biomasa_gasificacion_07_d2adcf3b)

27. [http://energia3.mecon.gov.ar/contenidos/archivos/publicaciones/libro\\_energia\\_biomasa.pdf](http://energia3.mecon.gov.ar/contenidos/archivos/publicaciones/libro_energia_biomasa.pdf)
28. [http://energia3.mecon.gov.ar/contenidos/archivos/publicaciones/libro\\_energia\\_biomasa.pdf](http://energia3.mecon.gov.ar/contenidos/archivos/publicaciones/libro_energia_biomasa.pdf)
29. [http://teide.cps.unizar.es:8080/pub/publicir.nsf/codigos/0298/\\$FILE/cp0298.pdf](http://teide.cps.unizar.es:8080/pub/publicir.nsf/codigos/0298/$FILE/cp0298.pdf)
30. [http://www.idae.es\\_index.php\\_mod.documentos\\_mem.descarga\\_file=\\_documentos\\_10737\\_Biomasa\\_edificios\\_07\\_ed87f465](http://www.idae.es_index.php_mod.documentos_mem.descarga_file=_documentos_10737_Biomasa_edificios_07_ed87f465)
31. Fuente: <http://www.epec.com.ar/PaginaOficial2/docs/educativo/institucional/biomasa.pdf>
32. [http://teide.cps.unizar.es:8080/pub/publicir.nsf/codigos/0298/\\$FILE/cp0298.pdf](http://teide.cps.unizar.es:8080/pub/publicir.nsf/codigos/0298/$FILE/cp0298.pdf)
33. [www.idae.es\\_index.php\\_mod.documentos\\_mem.descarga\\_file=\\_documentos\\_10737\\_Biomasa\\_digestores\\_07\\_a996b846](http://www.idae.es_index.php_mod.documentos_mem.descarga_file=_documentos_10737_Biomasa_digestores_07_a996b846)
34. CASCO, Joaquín Moreno. Compostaje. España: Mundi-Prensa Libros, 2008. 570 p. ISBN 8484763463, 9788484763468
35. [www.idae.es\\_index.php\\_mod.documentos\\_mem.descarga\\_file=\\_documentos\\_10737\\_Biomasa\\_prod\\_elec\\_y\\_cogeneracion\\_07\\_50465b78](http://www.idae.es_index.php_mod.documentos_mem.descarga_file=_documentos_10737_Biomasa_prod_elec_y_cogeneracion_07_50465b78)
36. [http://www.fundacionfedna.org/ingredientes\\_para\\_piensos/orujo-de-aceituna-deshuesada](http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/orujo-de-aceituna-deshuesada)
37. <http://www.asajasev.es>
38. Generación de energía a partir de residuos olivícolas
39. Informe BINID
40. <http://www.monografias.com/trabajos66/residuos-solidos-toronja/residuos-solidos-toronja2.shtml> (Gasificación)
41. <http://www.madrimasd.org/blogs/energiasalternativas/2011/06/10/131236> (pirólisis)
42. [http://www.centroladehesa.info/jornadas\\_cambio\\_climatico/ponencias/Nueva%20generaci%F3n%20de%20combustibles.pdf](http://www.centroladehesa.info/jornadas_cambio_climatico/ponencias/Nueva%20generaci%F3n%20de%20combustibles.pdf) licuefacción
43. <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/20119/fichero/ProyectoFindeCarrera.pdf> licuefacción
44. <http://limpiezastecnicasindustriales.com/plantasdebiomasa.pdf>
45. <http://www.olivacordobesa.es/BIOMASA.pdf> (Combustión Directa)
46. [http://www.iae.org.ar/renovables/ren\\_biomasa.pdf](http://www.iae.org.ar/renovables/ren_biomasa.pdf) (licuefacción)
47. <http://www.argentino.com.ar/maquina-para-pellets-alfalfa-forrajes-hasta-500-kg-hora-F150CC7021FD5>
48. <http://biodieselya.blogspot.com.ar/2013/01/venta-pelletizadora.html>
49. <http://spanish.alibaba.com/product-gs/economic-pelletizer-machine-for-animal-feeds-789590624.html?s=p>
50. <http://spanish.alibaba.com/goods/pelletizer-machine-for-animal-feeds.html>
51. <http://es.scribd.com/doc/62741883/Beneficios-economicos-utilizando-un-biodigestor-de-poli-etileno-de-bajo-costo>
52. Biodigestores familiares – Guía de diseño y manual de instalación (Biodigestores de polietileno tubular de bajo costo para trópico, valle y altiplano)
53. Biotecnología para todos (María E. Álvarez, Nancy Saldís, Susana Martínez Riachi).
54. Biotecnología (María Antonia Muñoz De Malajovich).
55. ¿Qué es la Biodigestión? (Universidad Autónoma de Entre Ríos- Instituto Tecnológico Universitario de Crespo).
56. Biodigestores. Una alternativa a la autosuficiencia energética y de biofertilizantes (Fundación Hábitat).
57. Guía implementación en sistemas de biodigestión en ecoempresas (Svetlana Samayoa, Carlos Bueso, Joaquín Viquez).
58. José María Álvarez de la Puente. 2006
59. Estudios sobre mezclas óptimas de material vegetal para compostaje de alperujos"
60. Abate, A., 1996. Experiencias de compostaje de algunos subproductos del olivo en Salento.
61. Seminario Internacional sobre el tratamiento y reciclaje en agricultura de los subproductos de la industria oleícola. Lecce 1996.
62. Julieta Fabiana Calderón, Ingeniera Industrial, Biotransformación de los Residuos Sólidos de la Industria Aceitera en Vermicompostaje por Lombricultura, en la Fábrica de Aceite de Oliva "Solar" de la Universidad Nacional de La Rioja
63. Albanell, E, J., Cabrero, T. (1988). Hemical changes during vermicomposting (Eisenia Fétida) of sheep manure mixed with cotton industrial wastes. Biol. Fert. Soils, 6, 266-269.
64. CASCO, Joaquín Moreno. Compostaje. España: Mundi-Prensa Libros, 2008. 570 p. ISBN 8484763463, 9788484763468

### **Agradecimientos**

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