

45 Jornadas Nacionales de Administración Financiera
Septiembre 18 y 19, 2025

Generación energética sustentable mediante la pelletización de madera del olivo

**César Albornoz, Hernán Piotti López,
Emiliano Bedini, Arturo Facal,
Stefy Cusiyupanqui Quispe**

Universidad de Buenos Aires

María Antonia del R. Pedraza

Universidad Nacional de La Rioja

Gabriela Pesce

Universidad Nacional del Sur

SUMARIO

1. Estado actual del conocimiento sobre el tema
2. Casos de valorización de biomasa
3. Objetivos e hipótesis del trabajo a realizar
4. Marco normativo y oportunidades de incentivos para pellets de madera de olivo, carbón pirolítico (biochar) y biofertilizantes en Argentina
5. Cadena de valor (logística y mercado interno)
6. Análisis económico y de costos (biochar)
7. Conclusiones y próximos pasos

Para comentarios:

cesar.albornoz@fce.uba.ar

mpedraza@unlar.edu.ar

gabriela.pesce@uns.edu.ar

Resumen

Se presenta un análisis de factibilidad económico y financiero respecto a los cambios que surgen de la transformación de los residuos generados en los cultivos olivícolas mediante la implementación de procesos innovadores y ecoeficientes que permitan agregar valor a los subproductos del olivo, como la madera y el orujo. El objetivo principal es evaluar el potencial de estas tecnologías en términos de rentabilidad, impacto ambiental y viabilidad técnica, considerando los costos asociados con su implementación, los beneficios derivados de la valorización de estos residuos y el impacto en la competitividad del sector olivícola. Además, se exploran posibles oportunidades de mercado para los nuevos productos derivados, así como las implicaciones de estas soluciones en la reducción de la huella ecológica de los cultivos olivícolas.

Ante la problemática ambiental que representa la quema de los restos de poda y renovación de los cultivos de olivo, la empresa Valle de la Puerta S.A. avanzó con una solución innovadora y ecoeficiente: la instalación de una planta para la producción de pellets de madera de olivo, de compost y/o pellets para alimentación animal y un horno para crear carbón pirolítico. Estos productos no solo buscan reducir el pasivo ambiental, sino también agregar valor a los residuos agrícolas, generando una fuente de energía renovable y un fertilizante orgánico útil para el sector agrícola.

Se realizó un análisis de los recursos disponibles, la infraestructura necesaria y los costos asociados a la implementación de estas tecnologías. Se investigaron también los beneficios potenciales de estos procesos en términos de reducción de residuos, eficiencia energética y sostenibilidad.

Se evaluaron las oportunidades comerciales de los productos generados, tales como los pellets de biomasa, el carbón pirolítico y los fertilizantes orgánicos, en mercados tanto locales como internacionales. La exportación de estos productos podría abrir nuevas vías para la diversificación de ingresos, generando una fuente adicional de divisas y potenciando la economía local.

1. Estado actual del conocimiento sobre el tema

La generación de energía a partir de combustibles fósiles enfrenta crecientes limitaciones tanto en términos de producción como de impacto ambiental. En este contexto, la transición hacia fuentes de energía renovables se presenta como una solución clave para diversificar la matriz energética de Argentina. Una de las alternativas más prometedoras es la energía proveniente de la biomasa, disponible en diversas formas a lo largo del territorio nacional, como subproductos agrícolas, forestales y agroindustriales. Esta fuente de energía no solo tiene el potencial de satisfacer las crecientes demandas energéticas, sino que también puede generar empleo y promover el desarrollo económico en zonas rurales.

La biomasa se entiende como la materia orgánica residual proveniente de actividades como la agricultura y la agroindustria. Se utiliza para producir tanto electricidad como calor, y entre

los residuos de interés, los del olivar (restos de poda, hojas, huesos de aceituna y orujo) se presentan como materias primas clave para la generación de energía.

El orujo, un subproducto del proceso de extracción del aceite de oliva, contiene pulpa, huesos de aceituna, aceite residual y humedad, y es una fuente potencialmente valiosa para la producción de biocombustibles.

La biomasa es considerada una fuente de energía CO₂ neutra, ya que el dióxido de carbono liberado durante su combustión fue previamente absorbido por la planta a través de la fotosíntesis, cerrando un ciclo de emisiones equilibrado. Esta característica, junto con la reducción de residuos y la mejora de la calidad del aire al evitar quemas a cielo abierto, subraya el impacto ambiental positivo de la valorización de biomasa.

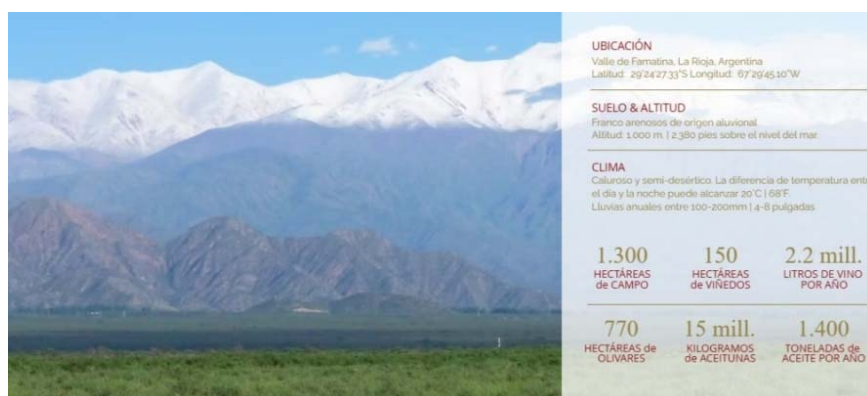
Existe un marco normativo que fomenta esta valorización, como la Ley 26.562 que prohíbe quemas no autorizadas, y la Ley 27.191 de Fomento de Energías Renovables que otorga bonificaciones fiscales y prioridad de despacho para la biomasa. Programas como PROGREGIO y PRO.BIOMASA también brindan asistencia técnica y posible financiación blanda. Además, en Argentina se ha detectado la existencia de mercados insatisfechos a nivel nacional (en el oeste del país) y en Chile, particularmente en geografías sin acceso a gas natural. En estos lugares, se planea comercializar pellets tanto para la industria como para los hogares, ofreciendo una solución económica y ecológica a los consumidores que actualmente se abastecen de gas envasado, electricidad o leña.

2. Casos de valorización de biomasa

2.1 Valle de la Puerta S.A

Esta empresa agroindustrial ha instalado la primera planta procesadora de restos de poda de olivo en Argentina, ubicada en su finca de Vichigasta, con el objetivo de reducir un pasivo ambiental. El proyecto contempla la transformación de residuos de poda de olivo y otros residuos de su finca en productos de valor agregado:

- Pellets de madera de olivo como biocombustible sólido,
- Bioalimentos a partir de una mezcla de orujo, hojas y ramas de olivo, enriquecido con proteínas,
- Biofertilizantes (Wanu)
- Carbón pirolítico (biochar) tiene un alto poder calorífico (la madera de olivo carbonizada aumenta de 4.600 a 7.300 kcal/kg) y puede usarse como mejorador de suelos, reteniendo agua y favoreciendo microorganismos.



2.2 Otros casos de valorización de biomasa

a) Puccio (2023): Proyecto de inversión para la construcción de una planta de pellets de madera en la provincia de Misiones.

Pellets de Madera en Misiones, Argentina: proyecto de inversión para una planta productora de pellets a partir de residuos foresto-industriales de aserraderos. Se dirige al sector industrial regional (secaderos de té y yerba mate) y aunque financieramente presenta desafíos (VAN negativo bajo ciertas condiciones), destaca por su aporte a la economía circular, la reducción de GEI y la sustitución de leña de bosque nativo.

b) Bruna García (2019). Proyecto de diseño de una planta de fabricación de pellets procedentes de Biomasa forestal (Tarazona, Zaragoza).

El proyecto se centra en el diseño y la evaluación de la viabilidad económica, técnica, ambiental y social de una planta de pellets a partir de biomasa forestal, con una producción estimada de 26.852,47 toneladas anuales. Destaca por su balance energético positivo y su contribución al empleo local. Analiza la demanda nacional e internacional, la disponibilidad de materia prima (residuos de industrias madereras), y cumple con normativas de calidad como EN-plus A1, A2, B.

c) Grau, Morera y Spenser (2017). Geopellet: reciclaje y fabricación de pellet de madera.

Reciclaje y fabricación de pellets de madera urbana en el sudoeste europeo (Cataluña, España). El proyecto Geopellet analiza el potencial técnico y económico de transformar residuos madereros urbanos en pellets. Utiliza Análisis de Ciclo de Vida (ACV) para evaluar impactos ambientales (reducción de GEI y ahorro energético) y criterios económicos para determinar la viabilidad.

d) Guillén y Dávila (2014). Aprovechamiento sostenible de los residuos forestales para la producción de pellets de biomasa leñosa torrefactada.

Pellets de biomasa leñosa torrefactada a partir de residuos forestales en Perú (Pucallpa y Melgar). Este trabajo aborda la producción de pellets de alta eficiencia a partir de residuos forestales de la industria maderera. Busca solucionar problemas de contaminación en la Amazonía y déficit energético en los Andes, destacando el alto poder calorífico de los pellets torrefactados y la reducción de enfermedades respiratorias.

e) Hernández Peña, López Márquez y Marín Sarmiento (2018). Estudio de prefactibilidad para comercializar pellets de bolsas de suero en la localidad 15 de Bogotá en el año 2019 (Doctoral dissertation, Corporación Universitaria Minuto de Dios).

Pellets de bolsas de suero en Bogotá, Colombia. Un estudio de prefactibilidad evalúa la comercialización de pellets hechos de bolsas de suero no contaminadas para fabricantes de suelas de zapatos. Aunque el material es diferente, el análisis integra estudios de mercado, técnicos, administrativos, legales y financieros, demostrando la viabilidad de valorizar residuos atípicos en nuevos productos.

f) Levio (2015). Formulación y evaluación de proyecto de fábrica de pellets de madera en la región de los lagos.

Pellets de madera en la Región de Los Lagos, Chile. Estudio de prefactibilidad para una planta de pellets de madera a partir de aserrín de pino radiata. Se enfoca en la creciente demanda insatisfecha en el sur de Chile, destacando los beneficios ambientales (CO₂ neutro, mejora de la calidad del aire) y la generación de empleo local.

g) Muñoz (2017). Producción de pellets combustibles a partir de residuos agrícolas de la cosecha de la caña de azúcar.

Pellets de residuos de caña de azúcar en Guatemala. Investigación sobre la prefactibilidad técnica de utilizar residuos agrícolas de la cosecha de caña de azúcar (hojas secas) como biocombustible sólido para generar energía eléctrica en ingenios. Se analiza su poder calorífico, contenido de ceniza, procesos de pelletización y su potencial para reducir emisiones y sustituir carbón mineral.

h) Pinto Acuña y Sifuentes Quevedo (2021). Estudio de prefactibilidad para la elaboración de una planta de producción de pellets compostables a base de almidón de papa (*solanum tuberosum*).

Pellets compostables a base de almidón de papa en Lima, Perú. Este estudio evalúa la viabilidad de una planta de pellets biodegradables a partir de almidón de papa, como alternativa a

los plásticos no biodegradables. Considera la demanda proyectada, inversión, indicadores financieros y el impacto positivo en la reducción de contaminación marina y el apoyo a productores de papa.

i) En España, uno de los principales productores de aceite de oliva en el mundo, regiones productoras de olivo como Andalucía, Castilla-La Mancha y Extremadura han impulsado proyectos que buscan la valorización energética de estos residuos.

Ejemplo de ello es Enercoop, una empresa andaluza que gestiona proyectos de biomasa para la producción de electricidad a partir de residuos agroindustriales, incluidos los derivados del olivo. Se ha consolidado un modelo de economía circular que reutiliza los residuos agrícolas para generar valor. Esto incluye plantas de biogás que convierten los residuos del olivo (orujo y huesos de aceituna) en biogás, un biocombustible utilizado para la generación de energía eléctrica o térmica.

Numerosos centros de investigación en España, como la Universidad de Jaén y el Centro Tecnológico del Olivar y del Aceite (CITOLIVA), están trabajando en nuevas tecnologías para convertir los subproductos del olivo en biocombustibles, biogás y fertilizantes orgánicos. Estos proyectos están siendo respaldados por subvenciones y programas de financiación del gobierno español y la Unión Europea, que promueven la transición hacia energías renovables y la descarbonización.

La industria de los pellets de madera en España ha crecido significativamente en los últimos años debido a la demanda internacional de soluciones energéticas limpias. Los pellets de olivo, que tienen una alta densidad energética y bajo contenido en cenizas, están siendo cada vez más valorados en mercados internacionales, donde la demanda de biocombustibles sostenibles es elevada.

Entonces, podríamos considerar que cada proyecto de pellets es como una semilla diferente que se planta en distintos tipos de suelo (regiones/países) para resolver problemas específicos (energéticos, de residuos, sociales). Aunque el objetivo es "crecer" (ser viable y rentable), cada semilla tiene sus propias características (materia prima, tecnología), requerirá un tipo particular de "riego y sol" (evaluación económica, técnica, ambiental, social) y dará un "fruto" único (el resultado), que puede variar desde una alta rentabilidad hasta un gran impacto ambiental positivo, incluso si la rentabilidad financiera es desafiante.

En resumen, la biomasa, especialmente los subproductos del olivo, emerge como una alternativa estratégica para diversificar las matrices energéticas, reducir la dependencia de combustibles fósiles y promover el desarrollo sostenible. La producción de pellets de olivo y otros biocombustibles puede generar beneficios económicos y ambientales significativos, impulsando tanto la creación de empleo como el fortalecimiento de las economías locales. Este análisis busca evaluar la viabilidad de dichas soluciones y su impacto potencial en estos aspectos.

2.3 Empresas de pellets identificadas en Argentina

A partir del relevamiento efectuado puede afirmarse que:

- Existen diferentes usos de los pellets, más allá de su capacidad calorífica para calentar agua. Algunos a base de forrajeras (como alfalfa) sirven para

alimentar ganado y también fabricadas con madera se usan para cama sanitaria de diferentes tipos de animales.

- La mayoría de la producción con madera como materia prima se fabrica a partir de diferentes especies de pinos. Hay un antecedente de producción de pellets de carbón.
- Respecto a la ubicación de las industrias, predomina la localización en diferentes ciudades de la provincia de Buenos Aires (7), seguida de empresas radicadas en la provincia de Córdoba (5), luego Misiones (3), Entre Ríos (2), La Rioja (1) y Santiago del Estero (1).

Tabla 1: Fabricantes de pellets en Argentina

<i>Empresa</i>	<i>Localización</i>	<i>Material para la fabricación de pellets</i>
Lipsia https://lipsia.com.ar/bioenergia/pellet/	Oficina comercial CABA Industria Misiones Bioenergía Pacheco (BA)	Pellets con desperdicios de madera (no específica) Pero las plantaciones de Misiones son de especies de pino
Agro pellets https://agropellets.com.ar/	Concordia, Entre Ríos	Pellets de diferentes tipos: - De madera (pino, eucaliptus, ahumadores BBQ de espinillo) - De alfalfa - De estiércol de pollo - De cáscara de arroz
Green Fire https://www.greenfire.com.ar/	Olavarría, provincia de Buenos Aires	Pellets con amplia gama de materias primas, paja de trigo, marlo de choclo, cascara de maní, cascara de girasol, aserrín de madera, alfalfas de descarte, entre otros
Leñetas Barroman http://www.barroman.com/fabricante-de-pellets/	Reartes, Córdoba	Pellets de aserrín, biomasa, girasol, madera (variadas –pino elliotis y taeda), soja, trigo
Valle de la Puerta https://www.valledelapuerta.com.ar/	Vichigasta, La Rioja	Pellets a partir de residuos de olivo
ÖFEN https://www.ofen.com.ar/pellets.html	Temperley, provincia de Buenos Aires	Materia prima de pellets: viruta de pino
J. Nardelli & Cia. SRL https://www.jnardellimaderas.com.ar/	Lobos, provincia de Buenos Aires	Pellets con desperdicios de madera (no específica)
Poopy Pets https://poopypets.com.ar/	Posiblemente Buenos Aires. No indica donde está la fábrica	Pellets a base de madera de pino (para cama sanitaria de mascotas)
Silocar https://silocar.com.ar/pellet-de-madera/	Gualeguay, Entre Ríos	Pellets a partir de residuos de la industria forestal tanto del aserrado y remanufactura de la madera, como así también de las podas y raleos de los bosques
Fénix Bioenergy https://www.fenixbioenergy.com.ar/	Campana, provincia de Buenos Aires	Pellets elaborados a partir de aserrín natural seco y sin aditivos

Tabla 1: Fabricantes de pellets en Argentina (cont)

<i>Empresa</i>	<i>Localización</i>	<i>Material para la fabricación de pellets</i>
Maderas de la Mesopotamia S.A. https://maderasdelamesopotamia.com/	Puerto Iguazú, Misiones	Pellets a base de aserrín y viruta de madera
GP Energy S.A. https://gpenergy.com.ar/#!/-bienvenido/	Colonia Victoria, Misiones	Pellets a partir de viruta seca de manufacturas de los aserraderos de la zona. La madera utilizada es 100% de Pino Taeda/Elliotti SPP (no mezclamos otras especies, ni corteza, etc.)
Compañía de Carbón Argentina (CCA) https://ciacarbonarg.com/	Provincia de Córdoba	Pellets a partir de carbón
Alfaban SRL https://www.alfaban.com.ar/	Tránsito, provincia de Córdoba	Pellets de alfalfa para alimentación animal
EcoTronk https://ecotronk.mitiendanube.com/	Cuesta Colorada - Córdoba	Pellets madera de pino
Don Diez https://www.instagram.com/pellets_don_diez/?hl=es-la	Beltrán, Santiago del Estero	Pellets de alfalfa
Pellfood http://www.pellfood.com.ar/	Calchín, provincia de Córdoba	Pellets de alfalfa
Ginpell/Gincat	Monte Grande, provincia de Buenos Aires	Pellets de madera con plantas nativas argentinas

Fuente: A partir de información disponible en internet.

3. Objetivos e hipótesis del trabajo a realizar

3.1 Objetivo general del trabajo

Analizar la viabilidad económica y financiera de la implementación de soluciones ecoeficientes a la quema de los restos de poda y renovación de los cultivos de olivo en la provincia de La Rioja, con un enfoque en la producción de pellets / carbón pirolítico a partir de biomasa de olivo.

Analizar los costos de producción y los potenciales ingresos generados por la venta de pellets de biomasa, considerando tanto el mercado local como regional (nacional e internacional), y evaluar la rentabilidad del proyecto a corto, mediano y largo plazo.

Estudiar la cadena de valor de los productos derivados del olivo, identificando oportunidades para la comercialización de pellets y otros subproductos (como fertilizantes orgánicos), así como la integración de estos productos en mercados nacionales e internacionales.

Evaluar el impacto socioeconómico de la planta de pellets en la economía local, incluyendo la generación de empleo directo e indirecto y los posibles efectos sobre las comunidades rurales de la región.

3.2 Hipótesis de trabajo

Hipótesis 1: La implementación de plantas de pelletización de la madera del olivo y su potencial de contribución a la sostenibilidad económica de los cultivos olivícolas, generaría valor agregado y reducción de impactos ambientales.

Hipótesis 2: La comercialización de productos derivados del olivo, como pellets y fertilizantes orgánicos, podrá abrir nuevas oportunidades comerciales en mercados regionales e internacionales, lo que potenciará la economía local y generará ingresos en divisas. A través de la exportación de estos productos a mercados sin acceso a gas natural (como algunas regiones de Argentina y Chile), se espera diversificar las fuentes de ingresos y aumentar la competitividad de la región en el sector agroindustrial.

3.3 Evaluación de los recursos disponibles

La viabilidad del proyecto se sustenta en la cuantificación de dos flujos primarios de biomasa, originados en la actividad principal de la empresa: el orujo de oliva, subproducto del proceso de extracción de aceite, y la biomasa lignocelulósica proveniente de la poda anual de los olivares.

1. Flujo de orujo de oliva: El análisis de la biomasa residual se fundamenta en los datos operativos de la compañía. El procesamiento de 10,000 toneladas de aceitunas presenta un rendimiento másico de extracción de aceite del 15%, resultando en una producción de 1,500 toneladas de aceite. Como subproducto directo, se genera un flujo de 8,500 toneladas de orujo húmedo. Este material presenta una fracción de humedad elevada, estimada en un 70% de su masa total, lo cual es característico del proceso de extracción. Esta alta concentración de agua (aproximadamente 5,950 toneladas) representa un factor crítico a gestionar para su posterior valorización energética, dejando un potencial de 2.550 toneladas de orujo seco como materia prima base para procesos de combustión o transformación.

2. Flujo de biomasa por restos de poda: De forma paralela, el manejo agrícola de una superficie superior a las 750 hectáreas de olivares genera un volumen anual constante y predecible de restos de poda. La implementación de un sistema logístico de recolección y su posterior procesamiento mediante astillado y pelletizado permitiría establecer una capacidad de producción de aproximadamente 5,000 toneladas anuales de pellets de madera.

Impacto ambiental y co-beneficios asociados: La valorización integral de estos dos flujos de biomasa no solo representa una oportunidad de diversificación económica, sino que también genera externalidades positivas de gran relevancia ambiental y social. La estrategia propuesta resultaría en una mitigación de la huella de carbono estimada en hasta 13.000 toneladas de dióxido de carbono equivalente (CO₂) al año, derivada de la sustitución de combustibles fósiles y de la evitación de emisiones de metano (CH₄) por la descomposición anaeróbica del orujo.

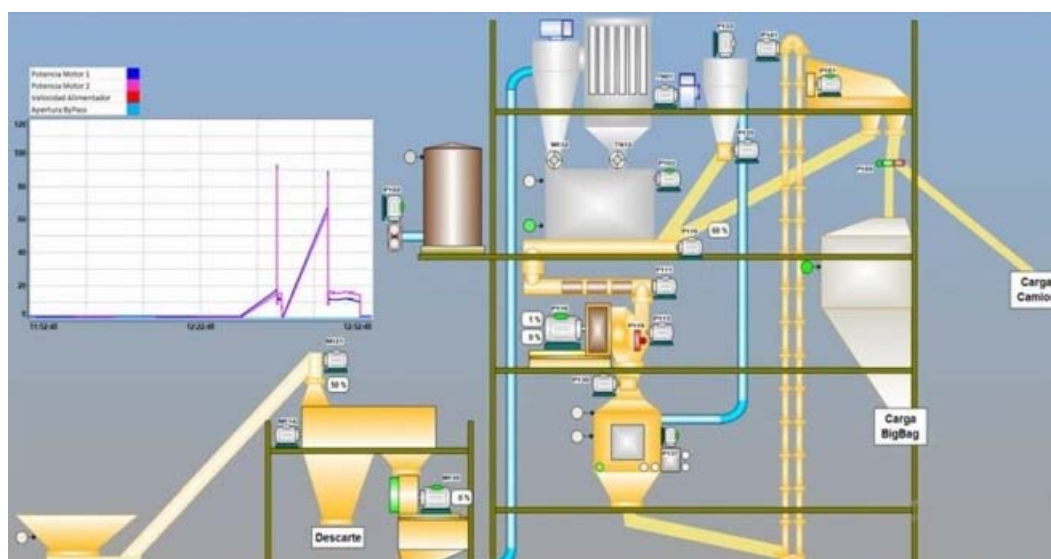
Adicionalmente, el aprovechamiento sistemático de los restos de poda erradica la práctica de su quema a cielo abierto, una medida que contribuye de manera directa y significativa a la mitigación del riesgo de incendios forestales, un factor de vulnerabilidad creciente en la región.

Del pellet de madera al pellet de compost: Inicialmente, la empresa incursionó en la producción de pellets de madera utilizando restos de poda de olivo. A pesar de la colaboración con el INTI (Instituto Nacional de Tecnología Industrial), el proyecto enfrentó un obstáculo insuperable: la extrema dureza de la madera de olivo, que resultaba inviable para la maquinaria existente.

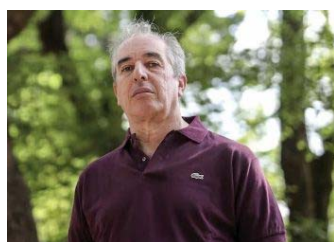


Planta de producción de pellets

Ilustración 1: Esquema Scada planta de pellets



Lejos de abandonar su compromiso con la economía circular, la compañía realizó un pivote estratégico. El nuevo objetivo fue transformar los subproductos agrícolas, como los restos de poda y el orujo de aceituna, en biofertilizantes de alto valor.



Julián Clusellas, CEO y Presidente de Valle de la Puerta S.A., explica: “Trajimos una máquina de Europa que es capaz de guardar todos los restos de la poda del olivo, más mi vecino de enfrente que tiene guano de gallina, que me lo dio a cambio de que le dé servicios de reparación de sus caminos y galpones.”

Para ello, se buscó la asesoría del ingeniero agrónomo Luciano Orden y del investigador español Raúl Moral Herrero. Juntos implementaron un innovador proceso de compostaje a gran escala.

El ingeniero Luciano Orden comenta: “Por lo general, los residuos de las bodegas que no se tratan quedan en el fondo de la finca, en pilas degradándose naturalmente en el ambiente. Más allá de que la mayoría de los establecimientos presentan condiciones edafoclimáticas donde no va a haber ningún lavado de nutrientes y potencial contaminación de napas, tener una fermentación sin control al aire libre en grandes volúmenes genera emisiones de metano, de nitroso, de amoníaco, de dióxido de carbono, que son todos gases de efecto invernadero. Y el concepto que aplicamos acá es el de darle a los subproductos algún tipo de utilidad.”



Una pieza clave de este éxito fue la tecnología desarrollada por Orden: una volteadora de compost diseñada a medida que optimizaba la mezcla y la homogeneización, reduciendo las emisiones y evitando el desgaste de los tractores.

“El proceso de compostaje es un proceso aeróbico, donde controlamos las temperaturas, donde planificamos una relación carbono-nitrógeno óptima, la humedad, los volteos, etc. Un compost estable, maduro, de calidad, es apto para ser registrado en Senasa y comercializado, y es lo que logramos. Acá en España hay mucha experiencia de cómo realizar eso.”



Una vez obtenido el compost de alta calidad, la empresa aprovechó su infraestructura preexistente para pelletizar esta biomasa, creando un fertilizante orgánico, fácil de transportar y aplicar.

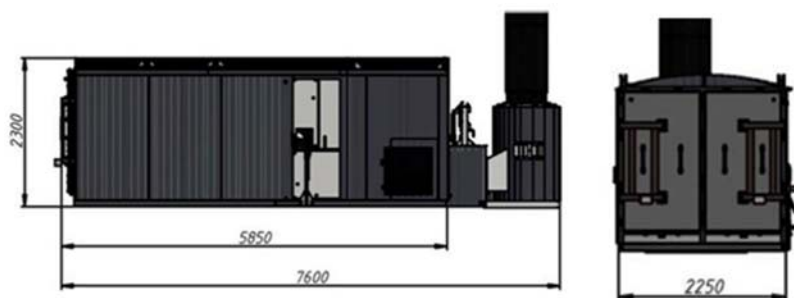
Este producto final se comercializa bajo la marca Wanu, gracias a un acuerdo de distribución con la firma Nutriterra.



Horno Carbonization Furnace Ekko-2 – Biochar

La firma ha incorporado tecnología de pirólisis para la producción de biochar, empleando para ello el horno Carbonization Furnace Ekko-2 importado de Ucrania, lo cual representa una de las primeras iniciativas de esta naturaleza en el país.

El diseño del horno contempla tanto el modo de secado como el de pirólisis, (La madera se calienta a altas temperaturas en ausencia de oxígeno dentro de cámaras especializadas del horno EKKO-2, permitiendo un flujo de trabajo continuo.



Se pueden utilizar maderas duras y blandas (postes de madera de hoja ancha, residuos industriales, astillas y residuos de carpintería) sin pudrición blanda, briquetas de residuos vegetales de diferentes tipos y otros materiales.

Está clasificado como un producto para operación continua, ya sea durante tres turnos de trabajo (8 horas cada uno) o dos turnos (12 horas cada uno).



Una fracción del biochar producido, generalmente la carbonilla cuantificada entre 10% y 15% (p/p), es utilizada como enmienda en la formulación de un biofertilizante comercializado bajo la marca Wanu.

La inclusión de este componente tiene como objetivo mejorar las propiedades fisicoquímicas del suelo, específicamente incrementando la capacidad de retención hídrica, adsorbiendo metales pesados, modificando el pH y promoviendo la proliferación de microorganismos. Adicionalmente, la empresa ha proyectado una estrategia de diversificación comercial para el biochar primario, planeando su distribución en el mercado minorista nacional y potencialmente su exportación a mercados europeos.



4. Marco normativo y oportunidades de incentivos para pellets de madera de olivo, carbón pirolítico (biochar) y biofertilizantes en Argentina

Se realizó un análisis documental de leyes, decretos, resoluciones y normas IRAM/ISO vigentes, complementado con fuentes oficiales de SENASA, INTI, Secretaría de Energía y programas provinciales

4.1 Panorama general de la política ambiental y energética

Ley 25.675 – Ley General del Ambiente

- Establece los presupuestos mínimos de protección ambiental a nivel nacional y fija la obligatoriedad de la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) para todo emprendimiento con riesgo ambiental.
- Introduce el principio de “quien contamina paga” y la obligación de recomposición del daño.

Ley 7801 Ley Provincial de medio ambiente La Rioja

- El pilar fundamental del marco regulatorio ambiental en la provincia de La Rioja es la Ley N° 7.801, Ley General del Ambiente. Esta ley establece los criterios y normas básicas para la conservación y mejora del patrimonio ambiental, la protección de la dinámica ecológica, la salvaguarda de la salud humana y la promoción del uso sustentable de los recursos naturales. Su espíritu se basa en los principios de sustentabilidad, prevención, precaución y responsabilidad, estableciendo que el uso de los recursos no debe comprometer a las generaciones futuras.
- Para cualquier proyecto industrial, esta ley es el punto de partida y la referencia constante. Define las obligaciones generales de protección del suelo, el agua y la atmósfera, y, de manera crucial, establece el procedimiento obligatorio de Evaluación de Impacto Ambiental como requisito previo a cualquier autorización o inicio de obra.
- La autoridad de aplicación de esta ley, es la Secretaría de Ambiente de la provincia (o el organismo que la reemplace), la cual está investida de poder de policía administrativo para fiscalizar y hacer cumplir la normativa. Entre sus facultades se encuentran la evaluación de los Estudios de Impacto Ambiental, la vigilancia y control de proyectos susceptibles de degradar el ambiente, la aplicación de sanciones y la promoción de la participación ciudadana.

Ley 26.190 y Ley 27.191 – Régimen de Fomento a las Energías Renovables

- Declara de interés nacional la generación eléctrica a partir de fuentes renovables (eólica, solar, biomasa, biogás, etc.) y fija la meta de alcanzar 20% del consumo eléctrico con renovables al 31-12-2025.

- Concede beneficios fiscales: devolución anticipada de IVA, amortización acelerada en Ganancias, exención de derechos de importación, estabilidad fiscal por 10 años y Certificado Fiscal de componente nacional.

Ley 26.093 – Régimen de Promoción para la Producción y Uso Sustentables de Biocombustibles

- Otorga cupo fiscal anual y beneficios impositivos (IVA, Ganancias, Combustibles, definiciones de cortes obligatorios) a plantas habilitadas para biodiesel y bioetanol.
- El Decreto 109/2007 y RG AFIP 2972/2010 reglamentan la amortización acelerada y requisitos de inscripción.

4.2 Marco regulatorio de los pellets de madera de olivo

Normas técnicas y de calidad

En Argentina, la norma de referencia para la calidad de los pellets de madera es la norma IRAM-ISO 17225-2 Clases de 'pellets' de madera. Esta norma, que adopta el estándar internacional ISO, es de cumplimiento voluntario. Sin embargo, en la práctica, es un requisito indispensable para acceder a mercados exigentes, tanto a nivel doméstico para equipos de calefacción modernos, como para la exportación. La certificación bajo esta norma proporciona confianza al consumidor sobre la homogeneidad y el rendimiento del producto.

Clases de calidad y parámetros clave: La norma clasifica los pellets de madera en tres categorías principales (A1, A2 y B), basadas en sus propiedades físicas y químicas, las cuales están directamente relacionadas con el origen y la pureza de la materia prima.

Clase A1: Es la calidad más alta, destinada principalmente a uso residencial en estufas y calderas de pequeña escala. Se produce a partir de madera de tronco y residuos de madera sin tratar químicamente, y se caracteriza por un muy bajo contenido de cenizas y de elementos como nitrógeno y cloro.

Clase A2: Es una calidad estándar, que permite un contenido ligeramente superior de cenizas, nitrógeno y/o cloro. Es adecuada para calderas de mayor tamaño en usos comerciales o residenciales multifamiliares.

Clase B: Es la calidad para uso industrial. Permite el uso de madera reciclada y tiene límites más flexibles para el contenido de cenizas y otros elementos.

El Comité IRAM de Biocombustibles Sólidos finalizó en 2019 la armonización con ISO 17225, dando respaldo normativo a los pellets de residuos olivícolas.

Rol del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI): El INTI es el organismo técnico de referencia en Argentina para la realización de ensayos de laboratorio que validen el cumplimiento de los parámetros de la norma IRAM.

Su intervención es clave para obtener una certificación de calidad, realizando pruebas de rendimiento, seguridad, combustión y emisiones de gases. El acompañamiento del INTI ha sido

fundamental para que otras empresas argentinas de pellets logren acceder a mercados de exportación.

<i>Norma / Documento</i>	<i>Alcance principal</i>	<i>Carácter</i>
IRAM 17225-1:2019	Requisitos generales para biocombustibles sólidos: clasificación por origen y especificaciones físico-químicas	Voluntaria, base para certificación de calidad
IRAM 17225-2 (Pellets de madera)	Clases A1, A2, B: límites de humedad, cenizas, densidad y durabilidad	Voluntaria
Programa INTI-IRAM ISO 17225	Certifica pellets, chips y briquetas según criterios de origen, poder calorífico y sostenibilidad	Voluntario; sello de calidad proyectado

Posible nomenclatura arancelaria y comercio exterior

- Posición NCM 4401.30.00: “desperdicios y desechos de madera aglomerados” – los pellets podrían quedar clasificados aquí y abonaban 5% de derecho de exportación para envases $\leq 1,250$ kg, según Decreto 500/2010.
- La industria provincial de Corrientes declaró de interés estratégico la fabricación de pellets y biomasa mediante Ley 6496/2019, habilitando promociones impositivas provinciales

Requisitos ambientales y de seguridad industrial

- Evaluación de impacto ambiental conforme Ley 25.675 y marcos provinciales.
- Cumplimiento de límites de emisiones atmosféricas para hornos de secado y calderas de combustión, regulados por resoluciones provinciales (p.ej., Res. 374/98 para incineradores en Buenos Aires).
- Registro ante la autoridad forestal provincial para el uso de podas y residuos de olivo, asegurando trazabilidad y certificados fitosanitarios SENASA para material leñoso.

4.3 Normativas aplicables al carbón pirolítico (biochar)

Estado normativo en Argentina

La comercialización del carbón pirolítico (biochar) y de cualquier biofertilizante derivado del proceso se rige por un marco regulatorio completamente diferente al de los biocombustibles, centrado en la sanidad y la calidad agrícola.

Aunque aún no existe una ley específica sobre biochar, su empleo como enmienda del suelo está sujeto al marco de fertilizantes y enmiendas SENASA:

El Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA) es la única autoridad competente en Argentina para regular y autorizar la importación, exportación, elaboración, distribución y venta de fertilizantes, enmiendas, sustratos y bioinsumos. Ningún producto de esta naturaleza puede ser comercializado sin su previo registro y aprobación.

- Ley 20.466 (Fiscalización de Fertilizantes y Enmiendas) y Decreto 101/2025 reglamentario
- Resolución SENASA 264/2011: reglamento para el Registro Nacional de Fertilizantes, Enmiendas, Sustratos y Acondicionadores.
- Resolución 214/2025 SENASA: nuevo procedimiento de autogestión para inscripción de fertilizantes y bioinsumos; incorpora biochar bajo categoría “fertilizantes biológicos no microbianos” (A2/A3), con valores límite de metales pesados y patógenos

Estándares internacionales

- IBI Biochar Standards (2015) y su fusión con World Biochar Certificate (2024) brindan metodologías para caracterización de carbono estable, contenido de cenizas y contaminantes.
- ISO TC 238 amplió en 2025 su mandato a “pyrogenic biocarbon”, avanzando en definiciones y ensayos para biochar.

4.4 Normativas biofertilizantes y compost

Marco Normativo de Compost – Resolución Conjunta 1/2019

- Define requisitos para compost de residuos vegetales, estiércoles y fracción orgánica domiciliar separada en origen (“FORSU”) clase A o B según límites de patógenos y metales.
- Crea el Comité Técnico de Compost y habilita a provincias para fiscalizar aplicación agrícola.

<i>Norma</i>	<i>Objeto</i>	<i>Destinatario</i>
Ley 20.466	Regula elaboración, importación, fraccionamiento y venta de fertilizantes y enmiendas	Plantas, fraccionadores, importadores
Res. 264/2011	Reglamento de registro, establece formularios, requisitos técnicos y etiquetado	Firmas elaboradoras y productos
Res. 1678/2019	Registro Nacional Fitosanitario de Operadores de Material de Propagación (RENFO) – controla trazabilidad de insumos vegetales	Viveros y bioinsumos
Res. 1004/2023	Procedimiento para inscripción de bioinsumos (microorganismos, extractos)	Productores de inoculantes y estimulantes
Res. 214/2025	Simplificación del registro, autogestión y exención arancelaria; integra bioinsumos y fertilizantes	Todo el sector

Requisitos de marbetes y etiquetado

- Anexo I de Res. 264/2011 y modificatorias fijan pictogramas, lotes, fecha de vencimiento y precauciones de uso.
- Etiquetas deben indicar lote, análisis químico, responsable técnico y advertencias de uso (pH, contenido de nutrientes).

Requisitos de calidad SENASA (fertilizantes biológicos)

La viabilidad de esta línea de negocio depende directamente de la capacidad del proceso productivo para generar un producto que cumpla con los estrictos límites de contaminantes establecidos por SENASA. Estos límites, detallados en anexos normativos como el analizado en el documento de CIAFA, no son negociables. Un lote de producto que exceda el umbral para un metal pesado como el cadmio (Cd) o que presente trazas de patógenos como *salmonella spp* será rechazado y no podrá ser comercializado legalmente como fertilizante o enmienda.

Este hecho tiene una implicación estratégica fundamental: la selección de la tecnología de pirólisis y los protocolos de control de calidad de la materia prima (la madera de olivo) deben estar subordinados desde la fase de diseño a la necesidad de cumplir con estos estándares de pureza. Cualquier contaminante presente en la madera, como residuos de pesticidas o metales pesados absorbidos del suelo, puede concentrarse en el biochar durante el proceso de pirólisis, comprometiendo su aptitud para el uso agrícola.

Parámetro	Límite biochar clase "especialidades" A2/A3
Cd	< 1,5 mg/kg de sólido seco
Pb	< 120 mg/kg
Ni	< 50 mg/kg
Salmonella	Ausencia en 25 g
E. coli	Ausencia en 1 g

El biochar para uso agrícola debe presentar $C/N \leq 20$: 1 y demostrar proceso de higienización certificado (pirólisis $> 500^{\circ}\text{C}$).

Consideraciones ambientales y de gestión de residuos

- Plantas pirolíticas deben inscribirse como generadoras y operadoras de residuos peligrosos si procesan materiales con contenido plástico o contaminado, según Ley 24.051.
- Resolución 374/98 exige monitoreo continuo de emisiones en hornos de incineración y pirólisis, incluyendo CO, NOx y material particulado.
- ONGs alertan sobre riesgos de pirólisis a gran escala y recomiendan evaluar emisiones de dioxinas.

5. Cadena de valor (logística y mercado interno)

El modelo de negocio analizado se fundamenta en una cadena de valor eficientemente estructurada que transforma residuos agrícolas (considerados un pasivo ambiental) en un portafolio diversificado de productos con valor de mercado. El análisis de esta cadena se puede segmentar en la logística de distribución, que constituye una ventaja competitiva clave, y en la estructura de la demanda interna, que presenta múltiples nichos de alto potencial.

La expansión del proyecto está intrínsecamente ligada a su posicionamiento geográfico estratégico. A diferencia de la mayoría de los productores de pellets de Argentina, concentrados en las provincias de Buenos Aires, Córdoba y Misiones, la planta en La Rioja goza de una ventaja competitiva fundamental por su proximidad a los centros de consumo del noroeste argentino (NOA). La empresa está en una posición única para servir a los mercados de Catamarca, Tucumán y el sur de Salta con costos de flete significativamente menores que sus competidores de la Mesopotamia o de Chile. El costo del flete, identificado como el factor logístico más importante, se minimiza gracias al uso de una red de rutas nacionales clave como la RN 38, RN 60, RN 157 y RN 40. Esta ventaja permite ofrecer un producto más competitivo en precio o capturar un mayor margen operativo.

- Ruta Nacional 38: Conecta La Rioja con Catamarca y Tucumán.
- Ruta Nacional 60 y 157: Conectan con el oeste de Catamarca.
- Ruta Nacional 40: El eje norte-sur que atraviesa toda la región.
- Centros de Distribución: Podría ser estratégico tener pequeños depósitos o alianzas logísticas en puntos clave como San Miguel de Tucumán o Salta Capital para reducir los costos de entrega.

Análisis de la demanda y segmentación del mercado interno

- Mercado energético residencial e industrial: Existe un mercado insatisfecho para los pellets combustibles en el oeste del país y en Chile, específicamente en geografías sin acceso a la red de gas natural. En estos lugares, los pellets de biomasa compiten favorablemente como una solución económica y ecológica frente al gas envasado, la electricidad o la leña.
- Mercado agrícola y de remediación ambiental: este es el segmento de mayor valor agregado. La demanda de biochar y biofertilizantes está impulsada por factores estructurales de la región:
 - ✓ Agricultura de alto valor: Cultivos en Tucumán, Salta, Catamarca y Jujuy enfrentan estrés hídrico; el biochar mejora drásticamente la retención de agua y nutrientes, un factor crítico para la productividad.
 - ✓ Mercado cautivo minero: Las regulaciones ambientales exigen a las empresas mineras la remediación de pasivos ambientales. El biochar es un insumo de alta eficacia para recuperar suelos degradados, creando una demanda regulatoria, no opcional, y de alto valor.

- ✓ Sustitución de fertilizantes químicos: La volatilidad y el alto costo de los fertilizantes importados, atados al dólar, incentivan la búsqueda de alternativas locales como los biofertilizantes, que además mejoran la salud del suelo a largo plazo.

La fortaleza fundamental de la cadena de valor reside en la producción conjunta de los tres productos (pellets, biochar y biofertilizantes) a partir de los mismos insumos residuales (orujo y poda de olivo). Esta estrategia genera importantes economías de alcance, lo que permite diluir los costos fijos de la planta y maximizar la rentabilidad extraída por cada tonelada de biomasa procesada. En conclusión, la oportunidad de mercado no radica simplemente en la existencia de demanda, sino en la posición privilegiada de la empresa para servirla de manera eficiente y rentable, capitalizando tanto su ventaja logística como las sinergias de su diversificado portafolio de producción

6. Análisis económico y de costos (biochar)

El análisis económico para la unidad de negocio de producción de biochar se fundamenta en un modelo de flujo de caja descontado a diez años, que permite evaluar la rentabilidad del proyecto bajo un conjunto de supuestos operativos y de mercado. Los resultados indican una sólida viabilidad financiera.

- Inversión de capital: El desembolso inicial es de U\$S 150.000, que incluye la adquisición e instalación del horno de pirólisis EKKO-2 de origen ucraniano, la infraestructura asociada y el capital de trabajo necesario para el arranque.
- Se proyecta un ciclo productivo intensivo de 24 horas, de lunes a sábados. El volumen de producción se estima en 1 tonelada diaria (317 toneladas anuales) durante el primer año, para luego duplicarse a 2 toneladas diarias (634 toneladas anuales) a partir del segundo año y mantenerse constante.
- Se asume un precio de venta estable de U\$S 105 por tonelada en el mercado interno. Esto genera un flujo de ingresos proyectado de U\$S 33.285 para el primer año y U\$S 66.570 anuales a partir del segundo.
- Los costos operativos por tonelada producida representan 36% de los ingresos

Tabla 2: Proyección económica (en dólares estadounidenses)

Concepto	Inicio	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Toneladas / Año		317	634	634	634	634	634	634	634	634	634
Precio por tonelada		105,00	105,00	105,00	105,00	105,00	105,00	105,00	105,00	105,00	105,00
Costo por tonelada 36%		37,80	37,80	37,80	37,80	37,80	37,80	37,80	37,80	37,80	37,80
Total ingreso		33.285,00	66.570,00	66.570,00	66.570,00	66.570,00	66.570,00	66.570,00	66.570,00	66.570,00	66.570,00
Costo total		11.982,60	23.965,20	23.965,20	23.965,20	23.965,20	23.965,20	23.965,20	23.965,20	23.965,20	23.965,20
Inversion EKKO-2	150.000										
Resultado	-150.000	21.302,40	42.604,80	42.604,80	42.604,80	42.604,80	42.604,80	42.604,80	42.604,80	42.604,80	42.604,80
Resultado acumulado	-150.000	-128.697,60	-86.092,80	-43.488,00	-883,20	41.721,60	84.326,40	126.931,20	169.536,00	212.140,80	254.745,60
Flujos actualizados		18.605,53	32.500,16	28.385,66	24.792,06	21.653,40	18.912,09	16.517,83	14.426,69	12.600,28	11.005,09
Resultado acumulado actualizado	-150.000	-131.394,47	-98.894,31	-70.508,64	-45.716,58	-24.063,18	-5.151,09	11.366,74	25.793,43	38.393,71	49.398,80

Considerando un costo promedio ponderado del capital del 14,49% para un ratio D/E = 1 la evaluación del flujo de caja descontado arroja indicadores de rentabilidad robustos que respaldan la decisión de inversión:

Valor actual neto (VAN): El proyecto genera un VAN positivo de U\$S 49.398,80.

Tasa interna de rentabilidad (TIR): La TIR del proyecto es del 21,94%.

Payback simple: El capital inicial se recupera en 4.02 años.

Payback descontado: Considerando el valor del dinero en el tiempo, la recuperación de la inversión se logra en 7.45 años.

Análisis de viabilidad social y laboral

El análisis del proyecto desde una óptica socioeconómica revela impactos positivos que trascienden la mera rentabilidad financiera. La implementación de la planta de valorización de biomasa actúa como un catalizador para el desarrollo local, generando empleo de calidad, fortaleciendo el capital humano y promoviendo la cohesión del tejido productivo rural.

El proyecto tiene un impacto cuantitativo directo y significativo en el mercado laboral local. La operación de las áreas de chipeado, pelletización y envasado requerirá la creación de aproximadamente 15 nuevos puestos de trabajo directos.

Más allá de esta cifra inicial, el proyecto genera un efecto multiplicador en la economía regional. Se estima que los encadenamientos productivos hacia atrás (proveedores) y hacia adelante (distribuidores) crearán entre 15 y 45 puestos de trabajo adicionales. Estos se desglosan en:

- Empleos indirectos: Surgen en la cadena de suministro. Esto incluye personal para la recolección de biomasa, transportistas, mecánicos para el mantenimiento de la maquinaria y proveedores de insumos como bolsas para envasado y repuestos.
- Empleos inducidos: Se originan cuando los nuevos salarios se inyectan en la economía local, dinamizando la demanda en comercios, supermercados y otros servicios.

Calidad del empleo y desarrollo de capital humano

El análisis cualitativo del empleo generado es igualmente positivo. La naturaleza de las operaciones, que incluyen el manejo de maquinaria especializada como el horno de pirólisis EKKO-2, implica la creación de puestos de trabajo industriales con un mayor grado de formalidad y estabilidad que el empleo agrario estacional. Esto representa una oportunidad para el desarrollo de capital humano local. Los trabajadores deberán adquirir nuevas competencias técnicas en operación de plantas, control de procesos y mantenimiento industrial. Esta capacitación eleva el perfil de la fuerza laboral de la región, mejorando su empleabilidad a largo plazo y su capacidad para adaptarse a futuras innovaciones tecnológicas en el sector agroindustrial.

Fortalecimiento del tejido productivo y fomento del arraigo

Un aspecto estratégico fundamental es la relación con los productores locales. Si bien el modelo inicial se basa en los residuos de la propia empresa, su escalabilidad abre la puerta a un modelo de negocio inclusivo. La planta podría evolucionar para convertirse en un centro de procesamiento para los residuos de poda de productores olivícolas de menor tamaño en la región.

Este esquema generaría los siguientes beneficios:

- Diversificación de ingresos: Los pequeños productores obtendrían una nueva fuente de ingresos al vender un subproducto que antes representaba un costo o un pasivo ambiental.
- Desarrollo endógeno: Se crearía una nueva cadena de valor local, fortaleciendo los lazos económicos dentro de la comunidad y promoviendo un modelo de desarrollo desde adentro.
- Fomento del arraigo: Al mejorar la rentabilidad y la sostenibilidad de las explotaciones más pequeñas, se contribuye a fijar la población en el ámbito rural, combatiendo la migración hacia los centros urbanos.

Finalmente, el proyecto tiene un impacto social intangible pero crucial. Al ofrecer una solución visible y sostenible a la problemática ambiental de la quema de podas, se genera un alto grado de aceptación social. La comunidad percibe la iniciativa como una contribución positiva a la economía circular y al desarrollo sostenible, lo que fortalece el orgullo local y la cohesión comunitaria en torno a un proyecto que alinea la rentabilidad económica con la responsabilidad ambiental y social.

7. Conclusiones y próximos pasos

El presente estudio de prefactibilidad sobre la valorización de residuos de poda y orujo del olivo en La Rioja, centrado en el caso de la empresa Valle de la Puerta S.A., permite extraer conclusiones robustas sobre la viabilidad de implementar soluciones de economía circular en el sector agroindustrial. El análisis demuestra que la transformación de un pasivo ambiental, como es la quema de restos de poda, en una cartera diversificada de productos de alto valor agregado no solo es técnicamente factible, sino económicamente rentable y estratégicamente acertada.

El proyecto evidencia una notable capacidad de adaptación y pivote estratégico. El obstáculo inicial referente a la dureza de la madera de olivo, que impidió la producción de pellets de madera a pesar de la colaboración con el INTI, derivó en un modelo de negocio más sofisticado y resiliente. La transición hacia la producción de biofertilizantes (pellets de compost marca Wanu) y biochar mediante un horno de pirólisis ha permitido la creación de múltiples flujos de ingresos a partir de la misma biomasa residual.

Este enfoque de producción conjunta genera significativas economías de alcance, diluyendo los costos fijos de la infraestructura y maximizando la rentabilidad por tonelada de residuo

procesado. El análisis financiero específico para la unidad de negocio de biochar es concluyente: con una inversión inicial de U\$S 150.000 y un precio de venta conservador de U\$S 105 por tonelada, el proyecto arroja un valor actual neto (VAN) positivo de U\$S 49.398,80 y una Tasa de rentabilidad (TIR) del 21,94%. Estos indicadores, junto con un período de recupero de la inversión descontado de 7.45 años, validan la solidez financiera de la inversión.

Lejos de ser un obstáculo, el marco normativo nacional y provincial ha actuado como un catalizador para la innovación. La prohibición de quemas no autorizadas (Ley 26.562) y la obligatoriedad de presentar evaluaciones de impacto ambiental (Ley 25.675 y Ley Provincial 7.801) crean un costo de oportunidad significativo para la inacción, incentivando la búsqueda de soluciones ecoeficientes.

Asimismo, la rigurosidad de la normativa de SENASA para el registro de fertilizantes, enmiendas y bioinsumos (Resoluciones 264/2011 y 214/2025), si bien exigente, garantiza un estándar de calidad que habilita el acceso a mercados de alto valor. El proyecto demuestra cómo la inversión en tecnología y procesos de calidad para cumplir con estos estándares no es un mero costo, sino una inversión en la creación de una marca y un producto competitivo.

Ventajas competitivas y dinámicas de mercado

La proximidad geográfica de la planta en La Rioja constituye una ventaja competitiva fundamental para abastecer mercados insatisfechos en el noroeste argentino y en Chile, donde el acceso al gas natural es limitado o nulo. La logística terrestre, articulada a través de rutas nacionales clave como la 38 y la 40, posiciona a la empresa favorablemente frente a competidores de la región mesopotámica.

La demanda no se limita al sector energético. El biochar y los biofertilizantes tienen un mercado potencial robusto en la agricultura de alto valor de la región, que necesita mejorar la retención hídrica de sus suelos, y en la remediación de pasivos ambientales de la industria minera, un mercado cautivo impulsado por la regulación.

El impacto del proyecto trasciende la rentabilidad financiera. La valorización de la biomasa genera externalidades positivas cuantificables, como la mitigación de la huella de carbono estimada en hasta 13,000 toneladas de CO₂ equivalente al año y la reducción del riesgo de incendios forestales. En el plano social, el proyecto es un motor de desarrollo rural, con la creación de 15 puestos de trabajo directos y una estimación de entre 15 y 45 empleos indirectos e inducidos en la cadena de suministro y servicios locales.

En síntesis, el proyecto no solo representa una solución rentable al problema de los residuos del olivar, sino que se erige como un modelo de desarrollo sostenible replicable. Contribuye a la diversificación de la matriz energética y productiva, fortalece la economía local y mejora el balance ambiental del sector, alineando los objetivos de rentabilidad privada con los de beneficio social y ecológico (ver tabla 3)

Tabla 3: Efectos ambientales, económicos y socioculturales

<i>Dimensión</i>	<i>Puntos clave / criterios</i>	<i>Efectos</i>
Ambiental	Reducción en utilización de energías no renovables para energía calórica (combustibles fósiles tales como gasoil o carbón mineral)	+
	Reducción de talas de especies madereras para la producción de pellets	+
	Reducción de gases de efecto invernadero (GEI) al evitar las quemaduras de podas de los cultivos (olivo en este caso)	+
	Materiales y contaminación en proceso de fabricación de pellets de carbón: puede generar emisiones de CO ₂ , partículas finas o contaminantes en la pirolisis y en la combustión de pellets.	-
	Aprovechamiento de residuos de proceso pirolítico para fabricación de compost y mejora de las características del suelo (retención de agua, nutrientes y actividad biológica por mayor nivel de carbono)	+
Económico	Nuevos costos de funcionamiento explícitos de procesamiento	+
	Inversión, los equipamientos y conocimiento necesarios constituyen una clara barrera de entrada al negocio	-
	Nueva generación de ingresos a partir de una actividad complementaria	-
	Efecto diversificación por desarrollar una actividad productiva complementaria al olivo: reducción del riesgo de la empresa	+
Social-cultural	Más empleo para sector productivo en las etapas de producción y comercialización de los pellets	+
	Aceptación social por promover una actividad que contribuye con la economía circular y el desarrollo sostenible	+
	Desarrollo rural al generar una nueva cadena de valor a partir de un residuo	+
	Brinda acceso a la energía en zonas que no cuentan con gas o electricidad	+

Próximos pasos y oportunidades futuras

1) Diversificación estratégica y profundización de mercados

- ✓ Implementación de una estrategia dual de pelletización: Se recomienda avanzar con la estrategia de combinar la producción de pellets combustibles con pellets para alimentación animal. Esta diversificación permitiría a la empresa arbitrar entre los mercados de energía y de forraje, optimizando márgenes según las fluctuaciones de precios y demanda en cada sector.
- ✓ Desarrollo del mercado minorista de biochar: Más allá de su uso como enmienda en el biofertilizante Wanu, existe una estrategia proyectada para la distribución del biochar primario en el mercado minorista nacional y su potencial exportación a mercados europeos. Esta línea de negocio requiere el desarrollo de una nueva cadena de valor, incluyendo fraccionamiento, empaquetado y marketing orientado al consumidor final (ej. jardinería, horticultura orgánica) y a nichos industriales específicos.

- ✓ Alianzas: Fortalecer la colaboración público-privada con el gobierno provincial y la Federación Olivícola Argentina (FOA).
- ✓ Obtención de certificaciones internacionales: La obtención de certificaciones como ENplus e ISO 17225 es un requisito indispensable para competir en mercados de alta calidad. Estas normas no solo validan la calidad del producto (humedad, cenizas, durabilidad), sino que también actúan como una señal de confianza para compradores en Europa y otros mercados desarrollados. Se debe continuar la colaboración con organismos como el INTI, cuyo acompañamiento ha sido fundamental para que otras empresas argentinas logren acceder a la exportación.
- ✓ Penetración en mercados regionales estratégicos: Se debe capitalizar la ventaja logística para consolidar la presencia en mercados insatisfechos de Argentina y Chile sin acceso a gas natural. Esto implica desarrollar alianzas con distribuidores locales y establecer una estrategia de precios competitiva frente a alternativas como el gas envasado, la electricidad o la leña.
- ✓ Escalamiento: Investigar la aplicación del modelo en emprendimientos más pequeños y fomentar el aprovechamiento energético de la biomasa a nivel local de manera sostenible.
- ✓ Promoción de incentivos fiscales específicos: Siguiendo el ejemplo de la provincia de Corrientes, que declaró de interés estratégico la fabricación de pellets mediante la Ley 6496/2019, se podría abogar por un marco normativo similar en La Rioja y a nivel nacional que otorgue beneficios fiscales (ej. exenciones impositivas, amortización acelerada) a proyectos de valorización de biomasa olivícola, en línea con los beneficios ya existentes bajo la Ley 27.191 para energías renovables.

2) Desarrollo de modelos de menor escala y transferencia a otros sectores agroindustriales

La inversión en equipamiento constituye una clara barrera de entrada al negocio. Un paso futuro crucial es investigar la viabilidad de aplicar este modelo en emprendimientos más pequeños y cooperativas de productores. Esto podría requerir el diseño de plantas modulares o la creación de centros de procesamiento compartidos para reducir la inversión inicial per cápita. El concepto de valorización de biomasa por restos de poda no se limita al olivo. El modelo puede ser adaptado a otros subproductos agrícolas y forestales abundantes en el territorio nacional, contribuyendo a diversificar la matriz energética del país y a generar desarrollo en múltiples economías regionales.

Finalmente, una de las oportunidades más innovadoras reside en la valorización económica de los beneficios ambientales generados.

Acceso a mercados de carbono: El proyecto contribuye a la certificación de la huella de carbono y logra una mitigación estimada de hasta 13,000 toneladas de CO₂ equivalente al año. El próximo paso es estructurar un proyecto para certificar estas reducciones bajo estándares reconocidos (ej. Verra, Gold Standard) y comercializar los créditos de carbono resultantes en mercados voluntarios, creando así una fuente de ingresos adicional basada en la prestación de un servicio ecosistémico.

REFERENCIAS

- Argentina Ley 20466 Ley de fiscalización de fertilizantes y enmiendas.
- Argentina Ley 24051 Residuos peligrosos
- Argentina Ley 25675 Política ambiental nacional
- Argentina Ley 26093 Biocombustibles
- Argentina Ley 27191 Energía eléctrica - Ley 26190. Régimen de fomento nacional para el uso de fuentes renovables de energía destinada a la producción de energía eléctrica. Modificación.
- Argentina Resolucion SENASA 264/2011
- Argentina Resolución SENASA 1678/2019
- Argentina Resolución SENASA 1004/2023
- Argentina Resolucion SENASA 214/2025
- Bruna García, M. (2019). *Proyecto de diseño de una planta de fabricación de pellets procedentes de biomasa forestal*. Trabajo de grado Universidad de Valladolid
- Grau, Á., Morera, C. y Spenser, C. (2017). *Geopellet: reciclaje y fabricación de pellet de madera*. Documento de trabajo Universidad Andrés Bello
- Guillén, R. V. y Dávila, J. P. (2014). *Aprovechamiento sostenible de los residuos forestales para la producción de pellets de biomasa leñosa torrefactada*. Saber y Hacer, 1 (2): 88-123.
- Hernández Peña, W. A., López Márquez, G. A. y Marín Sarmiento, S. M. (2018). *Estudio de prefactibilidad para comercializar pellets de bolsas de suero en la localidad 15 de Bogotá en el año 2019*. Trabajo de especialización Corporación Universitaria Minuto de Dios.
- Levio, M. B. (2015). *Formulación y evaluación de proyecto de fábrica de pellets de madera en la región de Los Lagos*. Trabajo de grado Universidad Austral de Chile
- Muñoz, M. (2017). *Producción de pellets combustibles a partir de residuos agrícolas de la cosecha de la caña de azúcar*. Memoria Presentación de Resultados de Investigación Zafra; Cengicaña: Zafra, Spain, 463-491.
- Pedraza, M.A. (2024). *Estudio económico-financiero de la producción de energía calórica a partir de la poda del olivo*. Disertaciones 44 Jornadas Nacionales de Administración Financiera SADAF, págs. 400-407.
- Pinto Acuña, A. y Sifuentes Quevedo, M. A. (2021). *Estudio de prefactibilidad para la elaboración de una planta de producción de pellets compostables a base de almidón de papa (Solanum tuberosum)*. Trabajo de grado Universidad de Lima.
- Provincia Corrientes Ley 6496 Desarrollo economía local
- Provincia La Rioja Ley 7801 Ley provincial de medio ambiente
- Puccio, M. E. (2023). *Proyecto de inversión para la construcción de una planta de pellets de madera en la provincia de Misiones*. Documento Universidad Fasta
- <https://www.cnbc.com/quotes/US10Y>
- <https://www.rava.com/perfil/riesgo%20pais>
- https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/ctryprem.html
- https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/Betas.html