

CONAMA 2024

CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

El uso de biomasa forestal residual y su impacto social y ambiental en bosques subtropicales



CONAMA 2024

EL USO DE BIOMASA FORESTAL RESIDUAL Y SU IMPACTO SOCIAL Y AMBIENTAL

Autor Principal: Carolina Subelza (Instituto de Investigaciones en Energía No Convencional - INENCO-, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas -CONICET-, Universidad Nacional de Salta -UNSa-, Salta, Argentina, mail: c.subelza.95@gmail.com).

Otros autores: Silvina M. Manrique ((Universidad de Alcalá, Departamento de Geología, Geografía y Medio Ambiente, Campus Científico Tecnológico, ctra. Madrid-Barcelona km 33,600, 28802, Alcalá de Henares, Madrid, España, silvina.manrique@uah.es); Laura Mosconi (Instituto de Investigaciones en Energía No Convencional- INENCO-, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas -CONICET-, Universidad Nacional de Salta -UNSa-, Salta, Argentina, email: imosconi@exa.unsa.edu.ar)

ÍNDICE

Resumen.....	1
Introducción	2
Bioeconomía circular en bosques nativos.....	2
Cadenas forestales y bioenergía en Yungas.....	3
Sobre el proyecto	4
Cuenca forestal de interés y estudios de caso	4
Estrategia de abordaje	6
Resultados y discusión	9
Estudios de caso: caracterización	9
Análisis de sostenibilidad	15
Cadena forestal: oportunidades para la bioenergía	18
Conclusiones	22
Agradecimientos	22
Bibliografía	22

RESUMEN

En el marco de la economía circular y la urgente necesidad de transformación del sistema energético mundial, el aprovechamiento de residuos madereros para obtención de energía resulta una actividad complementaria promisoría. La industria maderera en el noroeste de Argentina concentra el 80% de la producción desde bosques nativos del país y no hay antecedentes de aplicaciones energéticas con los residuos que se generan. Sin embargo, promover la utilización de biomasa residual en las cuencas forestales de bosques subtropicales, puede ser contraproducente si los sistemas de gestión no están correctamente planificados. Con el propósito de contribuir al desarrollo de propuestas de manejo integral del bosque que resulten sostenibles ambiental y socialmente, nuestro proyecto tuvo como objetivos: analizar la cadena de valor forestal a fin de caracterizar el sistema; identificar fortalezas, oportunidades, amenazas y debilidades de los sistemas de gestión actuales; y proponer sistemas optimizados de gestión con múltiples beneficios, incluyendo el aprovechamiento de bioenergía sostenible. El proyecto se llevó a cabo en la Cuenca Forestal de Caimancito (CFC), Jujuy, Argentina. Metodológicamente, se trabajó mediante el relevamiento de información primaria (relevamientos de campo y entrevistas a actores clave) y secundaria (registros, informes, documentos). El diseño de investigación incluyó tres estudios de caso de la cuenca forestal,

representando los perfiles productivos medios, previamente estudiados. Se ha logrado la caracterización para cada uno de estos sistemas productivos, abordando aspectos sociales, ambientales y energéticos. Se han identificado puntos clave en las cadenas forestales de generación de residuos y se ha logrado caracterizar el potencial bioenergético disponible. Ventajas y desventajas identificadas en aspectos sociales (mano de obra, aspectos de higiene y seguridad, derechos laborales) y técnico- ambientales (parque de maquinarias y herramientas, gestión de los residuos, estado actual de los recursos) de los sistemas productivos, han posibilitado generar pautas y recomendaciones para su optimización. A pesar de que no existe a la fecha una normalización de los residuos de biomasa sólida, la logística es escasa y no existe en la región un mercado formal de aprovechamiento de residuos, se ha identificado un gran interés de los pobladores y propietarios de las industrias de transformación para gestionar y aprovechar de manera innovadora los residuos generados. Dado que existen en la cuenca forestal cerca de 100.000 habitantes (14,5% del territorio provincial) ocupando una superficie boscosa de más de 740.000 ha, el impacto de las potenciales propuestas de manejo y optimización para el sector forestal, redundará con certeza en amplios beneficios sociales y ambientales. Las leyes nacionales que promueven el empleo de las energías renovables, el cambio climático y las metas de la Agenda 2030, entre otras, constituyen un marco de oportunidad para el financiamiento de estrategias con múltiples beneficios, que podrían resultar ejemplificadoras para toda la cuenca forestal en la región.

INTRODUCCIÓN

Bioeconomía circular en bosques nativos

La Bioeconomía puede ser definida como un tipo de economía que usa recursos naturales biológicos renovables entre la tierra y el océano, para obtener alimentos, materiales y energía de una manera sustentable sin comprometer su disponibilidad para las generaciones futuras. Comprende cultivos, pesca, silvicultura, microorganismos, algas y animales, así como desechos orgánicos, (OECD, 2009). Este modelo se destaca sobre otros por la incorporación de conocimientos y avances científicos y tecnológicos que impulsen la aplicación de nuevas tecnologías en el aprovechamiento sostenible de recursos y procesos biológicos con el fin de proveer bienes y servicios en todos los sectores de la economía, (Hodson De Jaramillo, 2018).

La bioeconomía incorpora como concepto clave el principio del “uso en cascada”, el cual hace referencia a la utilización de las materias primas en todas sus potencialidades como bioproductos (materiales de interés), bioinsumos (compuestos químicos y sustancias) o bioaplicaciones (productos destinados a ser usados sobre seres vivos, o que utilizan a éstos como herramienta de fabricación) y por último, procurar la recuperación de la energía contenida en los materiales residuales y del mismo producto al final de su ciclo de vida, respetando además la jerarquía de los residuos, que implica reutilización y reciclaje previo a la eliminación, (Carus Y Dammer, 2018).

Considerando el contexto mundial y el incremento de consumo energético, resulta necesario potenciar el uso de energías renovables y alternativas como aquellas de origen biomásico, consideradas carbono-neutrales.

A nivel mundial, según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (2009), la biomasa representa el 40% del suministro actual de la energía renovable, superando a la solar, eólica e hídrica. En Argentina, las fuentes bioenergéticas aportaron en 2020 el 6,7% del total de la oferta primaria de energía, sumando el 3,0% de los aceites vegetales, el 1,4% del bagazo, el 1,0% de la leña, el 0,8% de los alcoholes vegetales y el 0,5% de otros subproductos primarios, como cáscara de girasol, licor negro, marlo de maíz, cáscara de arroz y residuos pecuarios, (FAO, 2020). En promedio, el 9,7 % de la demanda eléctrica de Argentina fue abastecida por fuentes renovables durante 2020, (Ministerio de Ambiente de la Nación Argentina, 2020).

Sin embargo, en la región norte del país la biomasa residual es utilizada para energía solo en ingenios azucareros de manera puntual, y/o en regiones rurales donde no existen redes de gas natural en los hogares, donde predomina la utilización de leña provenientes de zonas boscosas aledañas para calefacción o cocinar. No existen a la fecha experiencias organizadas que aprovechen de manera eficiente la biomasa residual forestal, a pesar de la importante actividad maderera en la región. La valorización de los subproductos generados en el procesamiento de madera, tanto en campo como en las industrias de procesamiento, implicaría un importante punto de innovación y beneficios múltiples en la gestión forestal. La enorme disponibilidad de biomasa, en particular en el Norte argentino, podría dar múltiples soluciones a las necesidades ambientales y energéticas actuales. Empresas agro-foresto-industriales y gobernanzas locales van tomando conciencia de la importancia del recurso biomásico, y la necesidad de optimizar su cuantificación, gestión, y valorización post consumo, Bochetto *et al* (2021). Existe un alto potencial para desarrollar este sector, pudiendo sextuplicar la contribución actual de biomasa a la matriz energética nacional, (AFOA, 2017)

Cadenas forestales y bioenergía en Yungas

La ecorregión de las Yungas abarca un amplio territorio (1.349.332 ha) en el norte del país, más específicamente en pertenece a la Provincia de Yungas del Dominio Amazónico (Cabrera y Willink, 1973). Es una ecorregión de gran valor ecológico debido a su alta representatividad de especies a nivel nacional y a su gran número de endemismos. Dentro de la fauna se registran más de 100 especies de mamíferos como el yagareté o tigre (*Panthera onca*); el tapir o anta (*Tapirus terrestris*); la taruca (*Hippocamelus antisensis*), entre otros. Existen al menos 500 especies de aves más de 200 especies de árboles y 80 especies de helechos, entre otras formas de vida. Habitan en la región por lo menos 316 comunidades de pueblos originarios como Kolla, Guaraní, Ocloyas, Wichí, Qom y Chane. Conservan sus costumbres, cosmovisión y festividades (Ministerio de Ambiente y cambio climático de la Provincia de Jujuy, 2023).

Ciudades y poblados se encuentran distribuidos en esta ecorregión, como así también zonas de cultivos e industrias alimenticias. La masa boscosa se utiliza para abastecimiento de madera para consumo familiar e industrial. Existen polos madereros fuertemente instalados los cuales se diferencian por los productos elaborados y el origen de las maderas que extraen. Algunos polos se caracterizan por procesar madera proveniente de plantaciones de Salicáceas, Pinus y Eucaliptus, mientras que otros se dedican al procesamiento de madera nativa. En el caso de este proyecto, se ha enfocado en un polo forestal demandante -en más de un 50% de la materia prima- de madera proveniente de bosques nativos (Ortiz, 2015).

Las cadenas productivas de madera en la región comprenden la explotación forestal y la transformación primaria, secundaria y su posterior comercialización. Los bosques nativos se cosechan sin un manejo específico (excepto la consideración de un diámetro mínimo de corte para las consideradas maderas valiosas, (Ministerio de Producción y Medio Ambiente de Jujuy [MPyMA], 2009), con un nivel de informalidad que supera el 90% y tecnología obsoleta para el corte y la remanufactura, (Ministerio de Economía de la Nación Argentina [MEN], 2023). La mayoría de los sectores de las tierras bajas de las Yungas han sido reemplazados por cultivos agrícolas, y los bosques restantes han sido severamente degradados por sucesivas cosechas forestales, lo que ha agotado prácticamente las existencias de madera de especies valiosas, así como por incendios forestales y ganadería, (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación [SAyDS], 2019). La materia prima (madera) es cada vez más escasa (SAyDS, 2019), (Ministerio de Agroindustria Argentino [MINAGRO], 2017).

La informalidad en la cadena de abastecimiento forestal se da principalmente en el mercado de madera nativa por la dinámica inconstante en la demanda de materia prima de parte de las industrias forestales. Es decir, se observan condiciones de ilegalidad en el comercio: la madera se cosecha en el momento en el que aparece una demanda puntual, sin cumplir con el procedimiento administrativo establecido por la Ley 26.331 de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos, que conlleva dilatados tiempos de espera (Ortiz 2015). Esto podría ser una causa de la actual escasez de la madera en la región. Asimismo, este uso del bosque sin una adecuada planificación, podría terminar por agotar las existencias forestales y, por tanto, todos los beneficios ambientales y sociales que brinda el ecosistema forestal.

Con el propósito de contribuir al desarrollo de propuestas de manejo integral del bosque que resulten sostenibles ambiental y socialmente, estamos trabajando en un proyecto amplio con la participación de múltiples actores y sectores de la región, como así, de nivel nacional e internacional. En particular, se comparte en este trabajo un avance de los siguientes objetivos: analizar la cadena de valor forestal a fin de caracterizar el sistema; identificar fortalezas, oportunidades, amenazas y debilidades de los sistemas de gestión actuales; y proponer sistemas optimizados de gestión con múltiples beneficios, incluyendo el aprovechamiento de bioenergía sostenible.

SOBRE EL PROYECTO

Cuenca forestal de interés y estudios de caso

El área de estudio se ubica en la cuenca Forestal Caimancito (provincia de Jujuy, Argentina), la cual constituye un importante polo forestal en el norte del país (Figura 1). Una cuenca forestal se define como una porción del territorio en el cual se desarrollan actividades de extracción, procesamiento y comercialización de la madera.

Según (SAyDS, 2019), la Cuenca cuenta con una superficie potencial de manejo forestal de 250.000 hectáreas ubicadas dentro de una región de más de 740.000 ha. Esta cuenca forestal se caracteriza por desarrollar sus actividades a partir de la extracción de madera proveniente de bosques nativos con el subsecuente procesado en industrias de aserrado y carpinterías para la elaboración de productos y su posterior venta.

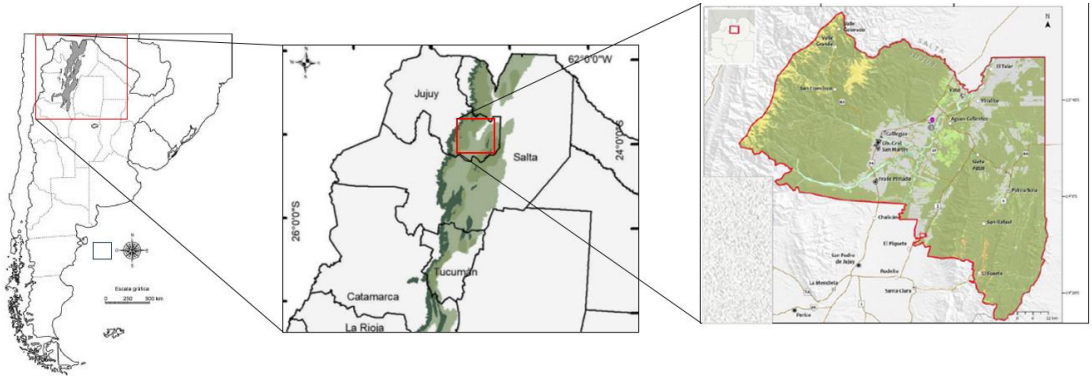


Figura 1. Ubicación de la Cuenca Forestal en estudio (Jujuy, Argentina). La ecorregión de las Yungas se visualiza sombreada en Argentina.

La cuenca forestal cuenta con una población de más de 100.000 habitantes (Censo nacional de población, hogares y viviendas, [CNPV], 2010). Además de la actividad forestal, en la cuenca se realizan también actividades agropecuarias por lo que este sector de la provincia se ha consolidado como un área altamente productiva, (Figura 2).



Figura 2. Actividades productivas que se desarrollan en la Cuenca en estudio.

Las Yungas representan más del 60% de los bosques de la cuenca, de donde provienen la mayoría de las especies forestales nativas utilizadas en las industrias de procesamiento (SAyDS, 2019). Las principales especies de importancia maderable son: *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan, *Calycophyllum multiflorum* Griseb, *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud., *Cedrela balansae* C.DC., *Myroxylon peruiferum* L.f, *Astronium urundeuva* Engl., *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos, *Parapiptadenia excelsa* (Griseb.) Burkart, and *Phyllostylon rhamnoides* (J.Poiss.) Taub, (Manrique et al, 2023)

A la fecha, algunos sectores de la cuenca han sufrido incendios recurrentes y en otros sectores se registran fenómenos de erosión y degradación, (Figura 3).



Figura 3. Áreas afectadas por incendios en la época seca (agosto a noviembre). Jujuy, Argentina.

Para este trabajo se seleccionaron dos estudios de caso, representativos de los sistemas de gestión más característicos de la cuenca forestal, con una superficie media de 2000 ha cada uno, que son los siguientes:

- Caso A: Bosque en recuperación
- Caso B: Uso intensivo del bosque

Además, se planteó un escenario hipotético considerado como el caso C futuro, a fin de evaluar la brecha existente entre cada una de las situaciones típicas anteriores, y la condición optimizada propuesta en este trabajo.

Estrategia de abordaje

A partir de relevamiento de información primaria (observación a campo y entrevistas a actores clave) y secundaria (registros, informes, documentos), se desarrolló el análisis de los dos estudios de caso en la cuenca forestal, representando los perfiles productivos medios, previamente definidos. El nivel de análisis fue predial, enfocándose en los componentes y actores directamente relacionados con la unidad productiva (Otta et al., 2016). Los estudios de caso son predios o campos pertenecientes a propietarios privados de la cuenca forestal.

- Diagnóstico del sistema productivo

El análisis de un sistema de producción no consiste solo en la caracterización de cada uno de sus elementos constitutivos (análisis de la estructura del sistema), sino también en el estudio de su funcionamiento. Con este propósito, se analizará la combinación de los diferentes elementos constitutivos al interior del sistema de producción. Para el diagnóstico de los casos de estudio, se aplicó la metodología de caracterización propuesta por (Apollin y Eberhart, 1999) para sistemas de producción. La misma determina tres niveles de análisis y sus interrelaciones (Figura 4).

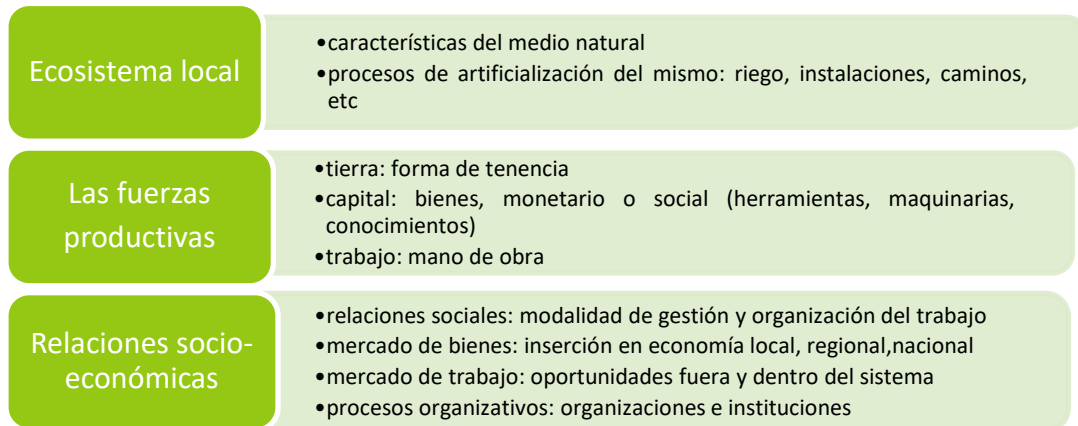


Figura 4. Niveles de análisis en la unidad productiva (Apollin y Eberhart, 1999).

- Evaluación de sostenibilidad del sistema

Desde un enfoque de evaluación multicriterio definimos un marco de evaluación para nuestras unidades de análisis. Se asumió que la sostenibilidad se podía evaluar de dos maneras distintas: i) comparar la evolución del sistema a través del tiempo (comparación longitudinal) o ii) comparar simultáneamente uno más sistemas de manejo alternativo con un sistema de referencia (comparación transversal). En este trabajo se aplicó el enfoque transversal, a través de un análisis en simultáneo de 3 casos de estudio: dos categorías típicas en la región, y un caso de referencia, considerado como situación hipotética.

Teniendo en cuenta la multidimensionalidad de los sistemas bajo estudio, los análisis se realizaron considerando tres dimensiones: ambiental, económica y social; para cada una de estas se definieron dos niveles de evaluación de lo general a lo particular, denominados: criterios de diagnóstico e indicadores. Los primeros se consideraron 'atributos' de sostenibilidad (características que sirven de guía del análisis y cubren los aspectos más relevantes del sistema) y los segundos, son las variables que aportan información relevante para un criterio de diagnóstico, y se definieron bajo la premisa de que resultaran medibles, sencillos y claros (Cuadro 1). Teniendo en cuenta que los indicadores seleccionados están expresados en diferentes unidades se construyó una escala estandarizada que representa el valor de los indicadores con relación a la situación deseable. Para ello, se definieron condiciones máximas y mínimas, según recomendaciones de (López-Ridaura *et al.* 2002) y (Moreno *et al.* 2006). Se asignó un valor entre 1 a 10 a cada indicador, definiendo tres categorías (Cuadro 2). Luego se calculó el Índice de Sostenibilidad (IS) del sistema como la sumatoria de los puntajes obtenidos para cada indicador sobre el máximo posible (60 puntos), y multiplicado por 100, para expresarlo de manera porcentual.

Cuadro 1. Criterios de diagnóstico e indicadores de sustentabilidad

Dimensión	Criterios diagnósticos	Indicadores	Descripción
Económica (E)	Productividad	Volumen total de diferentes productos madereros aserrados y	Considera el volumen de madera convertida en producto, y las toneladas de cultivo al año. Aunque este aspecto no se asocia directamente con una cualidad positiva o negativa, permite tener una idea de la escala de trabajo de la finca y tamaño de negocio (ingresos).

		manufacturados (m ³ /año) y/o producción agrícola (t/año)	
	Diversificación para la venta (resiliencia)	Cantidad de productos distintos (número)	Incluye productos forestales (madereros y no madereros), agrícolas y ganaderos. Se considera que mientras mayor diversificada tenga su unidad productiva, podrá ser más resiliente a los cambios del mercado y a las fluctuaciones climáticas.
Ambiental (A)	Susceptibilidad del suelo (estabilidad)	Porcentaje de cobertura vegetal (%) y pendiente predominante promedio en el predio (%)	Se descartan zonas de caminos internos, infraestructura, etc. La cobertura le provee al suelo protección contra los agentes climáticos y el riesgo de erosión, y actúa como un mitigador de la escorrentía. Asimismo, se considera que los terrenos con mayor inclinación son más propensos a sufrir procesos erosivos y escorrentía, lo cual está asociado también con la cobertura vegetal existente.
	Uso de energía (autosuficiencia)	Porcentaje de uso de energía renovable en el consumo mensual de energía (%)	Fuentes de energía renovable utilizadas por el productor, que cubran sus necesidades energéticas en el predio (solar, eólica, biomasa, etc). Da una idea de la dependencia de las fuentes fósiles y asimismo, permite inferir el potencial de mitigación de emisiones al reducir parcialmente el consumo de dichos combustibles.
Social (S)	Integración social (adaptabilidad)	Número de grupos a los que pertenece dentro de la comunidad o región	Relación con organismos de la comunidad (cooperativas, asociaciones, consorcios, etc) a nivel local, provincial o nacional. Se considera una cualidad positiva la pertenencia del productor a organizaciones locales, provinciales o nacionales, que puedan brindarle respaldo o fortalecer la actividad que desarrolla.
	Empleo (equidad)	Generación de puestos de trabajo (número)	Demanda de mano de obra para las actividades que se desarrollan dentro del predio. Se tiene en cuenta si el empleo es formal o informal, temporal o permanente

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 2. Escala de normalización de indicadores.

Indicador	Unidad	Escala de normalización (puntaje)		
		1	5	10
Volumen total de diferentes productos madereros aserrados y manufacturados por el establecimiento (m ³ /año) y/o producción agrícola (t/año)	(m ³ /año) (t/año)	Menos que 1000	Entre 1000 a 3000	Mayor que 3000
Cantidad de productos distintos madereros y no madereros (número productos o servicios ofrecidos)	N° productos	Menos que 5	Entre 6 a 10	Mayor que 10

Porcentaje de Cobertura vegetal (%) y pendiente predominante promedio en el predio	(%)	Cobertura menor al 20% y pendiente mayor al 20%	Cobertura entre 20 y 50%, pendiente 10 a 20%	Cobertura mayor a 50% ; pendiente menor a 10%
Porcentaje de uso de energía renovable en el consumo mensual de energía (%)	(%)	Menor al 5%	Entre 5 y 20%	Mayor al 20%
Número de grupos a los que pertenece dentro de la comunidad o región	N°	Menos que 5	Entre 5 a 10	Mayor que 10
Generación de puestos de trabajo (número)	N°	Informal temporal	Formal temporal	Formal permanente

Fuente: Elaboración propia

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estudios de caso: caracterización

CASO A

Este sistema de producción cuenta con un bosque en proceso de recuperación, quedando rastros de actividades de extracción anteriores. Solo se realizan prácticas silviculturales de mejora, saneamiento y enriquecimiento de especies lo que acrecienta el valor ecosistémico del mismo. La mano de obra es escasa y un pequeño grupo de trabajadores (una familia) se encargan de la silvicultura, apertura de caminos y vigilancia. Hasta hace aproximadamente una década atrás, se realizó aprovechamiento maderero. Sin embargo, estos últimos años se llevó a cabo un proyecto de enriquecimiento de especies forestales de importancia para la región. Asimismo, los propietarios del predio, junto con organismos de manejo forestal, impulsaron un proyecto de compensación de emisiones de gases de efecto invernadero y conservación del bosque nativo, buscando la fijación máxima de CO₂ en la masa forestal. El proyecto se desarrolló siguiendo los criterios de contabilización de carbono forestal del IPCC (Panel intergubernamental de cambio climático de Naciones Unidas) y los lineamientos metodológicos del Verified Carbono Standard (VCS) de VERRA (Pinasco, 2020). El proyecto incluyó actividades silviculturales en un total de 450 hectáreas. Las actividades de mitigación se desarrollaron durante los años 2020 y 2023. Este proyecto de mitigación del cambio climático actúa de dos maneras: evita que se libere CO₂ a la atmósfera conservando el bosque existente (que tiene una alta presión de deforestación y degradación) y aumenta la captura de CO₂ por el manejo del bosque nativo, (Figura 5).



Figura 5. Caso A (sector bosque nativo).

Las características básicas del sistema se resumen en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Características básicas del sistema (Caso A).

Ecosistema local	
Medio natural	Procesos de artificialización
Altitud media: 500 msnm. Bosque en recuperación.	Las vías de acceso a la finca comprenden rutas provinciales pavimentadas. Caminos no consolidados para movilidad dentro de la finca solo en un sector limitado de la misma. Existe alambrado perimetral. No hay casilla de cuidador ni colecta de agua. El predio cuenta caminos forestales que conectan con los accesos principales.

Las fuerzas productivas			
Tierra	Capital	Trabajo	
Se trata de una propiedad con título legal, heredada, no existen disputas por territorio. Se dividió el predio en áreas específicas para manejo silvícola, enriquecimiento, restauración de áreas degradadas	El propietario genera ingresos trabajando independiente en la parte privada. No hay maquinaria forestal específica. No cuenta con camiones ni remolques. Acceso a proyectos de sostenibilidad como el que se encuentra desarrollando, lo que permite financiar la reforestación y aumentar la productividad.	Cuenta con un cuidador de la finca (realiza mantenimiento silvicultural). No cuenta con obreros contratados, sino que se contrata mano de obra ocasional para tareas específicas. Organización del trabajo, fomenta la especialización de tareas claves como las prácticas silvícolas. Los trabajadores poseen elementos de seguridad. Mano de obra formal y permanente.	
Relaciones socio-económicas			
Relaciones sociales	Mercado de bienes	Mercado de trabajo	Procesos organizativos
Estructura de la gestión: Modalidad de mando vertical, sistema centralizado. La finca se está gestionando solo con fines educativos y científicos, realizando el mantenimiento de los caminos. No existen planes de manejo ni proyectos concretos a la fecha. Instituciones locales están realizando actividades de enriquecimiento forestal. Modalidad y organización en el trabajo: Los trabajadores se organizan en cuanto a la vigilancia y prácticas silviculturales. Relaciones laborales y comunicación: se fomenta la comunicación entre trabajadores. Adaptabilidad y capacitación: Los trabajadores que realizan las tareas silviculturales también realizan tareas de vigilancia. Se capacita a los trabajadores en dichas tareas.	Inserción en mercado de bonos de carbono dentro del país y fuera del mismo. No hay perspectiva de continuidad del proyecto. Requiere asesoramiento técnico, estudio de gestión logística y análisis de brecha para certificar servicios ecosistémicos. Es uno de los pocos casos en la región que lleva a cabo este proyecto de bonos de carbono.	A futuro, posibilidades de aprovechamiento forestal pero no hay oportunidades laborales planificadas. El productor no cuenta con un plan de manejo forestal y su principal ingreso es externo al predio. Sin embargo, durante el proyecto de Carbono fue necesario la capacitación continua a los trabajadores encargados de las tareas silviculturales e identificación de especies. Oportunidades fuera del sistema: Con las habilidades adquiridas, los trabajadores pueden tener oportunidad para emplearlas en otros proyectos similares fuera del sistema. Como no hay perspectiva de continuidad del proyecto, los trabajadores podrían migrar en busca de mejores oportunidades. Las condiciones y oportunidades que ofrece la empresa no son competitivas en relación a otras alternativas. Impacto en la comunidad y economía local: Empleo de mano de obra local en cuanto a los sectores de vigilancia y manejo silvícola. Generalmente los trabajadores provienen de localidades cercanas.	El productor se encuentra asociado a AFIJUY (Asociación Foresto Industrial de Jujuy) y eventualmente se vincula con otros productores locales para tareas específicas (préstamos de maquinarias, por ejemplo). Asimismo, se vincula con organismos de manejo forestal quienes llevan a cabo la dirección de las tareas silvícolas. Por otro lado, el sistema se encuentra vinculado con organismos de investigación para profundizar estudios ecológicos en la masa boscosa.

Fuente: Elaboración propia

Caso B

En este predio se desarrollan actividades productivas agrícolas (principalmente maíz, soja), (Figura 6-A y 6-B). También una parte del sector se encuentra en cambio de uso de suelo (se denomina así a la práctica de eliminar la masa boscosa con el fin de despejar las tierras para otros fines, agrícolas o ganaderos, previa aprobación por una autoridad de aplicación en materia

de manejos de bosques). Los propietarios del predio B además llevan el manejo de un aserradero. Así, los árboles de importancia maderera que son eliminados a causa del plan de cambio del uso del suelo, son trasladados al aserradero para su procesamiento primario, (Figura 6-D).



Figura 6. Caso B. A) Cultivos de maíz. B) Cultivos de soja. C) Sector bosque nativo. D) Cambio de uso del suelo, nótese los fustes de los árboles eliminados listos para ser trasladados a industrias de procesamiento.

Al igual que los descrito en el caso A, las características del sistema se observan en el cuadro 4.

Cuadro 4. Características básicas del sistema (Caso B).

Ecosistema local	
Medio natural	Procesos de artificialización
Altitud media: 450 msnm. Bosque degradado	Accesos consolidados a rutas provinciales y caminos forestales. El predio cuenta con alambrados, tranqueras y un sector de criaderos de cerdos. Cercanos al mismo, cuenta con una vivienda para el cuidador, tanques de agua y baños. Además, con un grupo electrógeno, para brindar energía eléctrica y la posibilidad de bombeo de agua desde una vertiente de caudal permanente.
Las fuerzas productivas	

CONAMA 2024

EL USO DE BIOMASA FORESTAL RESIDUAL Y SU IMPACTO SOCIAL Y AMBIENTAL

Tierra	Capital	Trabajo	
Título legal de propiedad de la tierra. No existen disputas por el territorio. Uso del terreno: Zonas divididas en cultivos, manejo de bosque, infraestructura	Ingresos a partir de cultivos, ganadería y rollos de madera. El productor también realiza actividad foresto-industrial. Trabaja como contratista en otras fincas. Cuenta con sembradoras, cosechadoras y tractores. El equipamiento y maquinaria forestal es eficiente.	Cuenta con mano de obra especializada para la labor agrícola, cosecheros, puesteros, tractoristas de maquinaria, capataces. También cuenta con mano de obra para el aprovechamiento forestal (motosierristas, tractoristas). Fomenta la especialización de tareas claves como el apeo de árboles, manejo de cultivos, manejos de maquinarias. Los trabajadores poseen elementos de seguridad. Mano de obra formal y permanente	
Relaciones socio-económicas			
Relaciones sociales	Mercado de bienes	Mercado de trabajo	Procesos organizativos
<p>Estructura de la gestión: Modalidad de mando vertical, sistema centralizado. Las decisiones vienen dadas desde los propietarios transmitidas a los capataces y de ahí a los trabajadores, ya sea en cosecha o en apeo. La comunicación es unidireccional y no hay sinergia entre trabajadores.</p> <p>Modalidad de gestión del trabajo: De la totalidad del plantel de trabajadores, hay grupos que se dedican especialmente al cultivo, otros al cuidado del ganado y otros a la extracción forestal. El enfoque del sistema es modular (trabajan en partes específicas).</p> <p>Condiciones y cultura laboral: existen reuniones entre trabajadores solo para discutir temas específicos o aspectos urgentes. Se trabaja por objetivos y a nivel individual, y en general no existe interacción entre trabajadores. Trabajadores de extracción de madera solo trabajan una temporada (junio a diciembre), mientras que en el caso de los cultivos, por ejemplo, maíz, al ser una plantación anual requiere cuidados específicos como control de plagas y malezas. No existe un plan de capacitación o formación propuesto por los propietarios.</p>	<p>Inserción en economía local y regional: La madera extraída es materia prima en industrias de transformación locales, tanto la propia como ajenas. El productor es proveedor de madera aserrada en la localidad. Demanda empleo local, y tiene clientes fijos.</p>	<p>Oportunidades dentro del sistema: Empleo de mano de obra local, capacitaciones en el manejo de motosierra para apeo e identificación de especies forestales.</p> <p>Condiciones laborales (tipo de empleos): Se contrata personal maquinista, vigilancia, responsable de motosierra. Manejo de máquinas, peones para del cultivo, baqueanos. El sistema productivo demanda habilidades en cuanto al manejo de maquinarias, técnicas de cortes de individuos arbóreos. Habilidades de reconocimiento de especies forestales.</p> <p>Oportunidades fuera del sistema: demanda en el mercado laboral y regional (los trabajadores dedicados a la extracción maderera se encuentran afectados solo en época de aprovechamiento, pudiendo los demás meses del año trabajar en otras actividades).</p> <p>Impacto en la comunidad y economía local: el sistema productivo impacta en la economía local brindando empleos en cuanto al sector de agricultura, manejo de máquinas de cosecha, motosierristas, y trabajadores empleados en el apeo de árboles. Generalmente los trabajadores provienen de localidades cercanas. Asimismo, este sistema productivo también demanda mano de obra en cuanto al aserrado de la madera.</p>	<p>Se organiza con otros productores para la venta de la producción agrícola, cosecha o en apeo. El productor se encuentra asociado a AFIJUY (Asociación Foresto Industrial de Jujuy). Asimismo, el sistema también se vincula con organismos municipales y con institutos de investigación para estudios ecológicos en sus masas boscosas.</p>

Fuente: Elaboración propia

Escenario optimizado: caso C

La propuesta de un caso hipotético optimizado de un sistema productivo forestal respecto a las fuerzas productivas (tierra, capital y trabajo) y respecto a las relaciones socio-económicas (relaciones sociales, mercado de bienes, mercado de trabajo y procesos organizativos), queda definida como se muestra en el Cuadro 5. Este sistema productivo forestal delineado, prioriza las relaciones justas y sostenibles, con una inserción integral en la economía y el mercado laboral, generando beneficios a nivel local, regional y nacional, mientras que preserva y enriquece los recursos naturales.

Cuadro 5. Características básicas del sistema (Caso optimizado).

Las fuerzas productivas			
Tierra	Capital	Trabajo	
<p>Cuenta con título de propiedad legal. No existen disputas por los territorios. Uso eficiente del terreno y bosque: Se divide la tierra en áreas específicas para cada tipo de producción, con sistemas de rotación y descanso que permiten la regeneración del suelo. Estrategias silvícolas de mínimo impacto, junto con aseguramiento de cobertura vegetal mínima, son necesarias para aprovechar al máximo la tierra sin degradarla. Se asume un bosque en condiciones óptimas de conservación, con ejemplares autóctonos típicos alcanzando grandes dimensiones, y logrando establecer árboles semilleros que aseguren el futuro del bosque.</p>	<p>Tecnología mejorada: Se emplean sistemas de monitoreo terrestre o satelital para evaluar el crecimiento de los árboles, identificar plagas y optimizar la cosecha. Además, el uso de maquinaria eficiente y adaptada a las características del terreno reduce el impacto ambiental y mejora la eficiencia de las operaciones. El equipamiento y maquinaria forestal es eficiente.</p> <p>Acceso a financiamiento verde: Se obtienen fondos a través de bonos de carbono y financiamiento de proyectos de sostenibilidad, lo que permite financiar la reforestación y aumentar la productividad. Estos fondos pueden destinarse a mejoras en maquinaria, tecnología y capacitación del personal.</p>	<p>Capacitación continua: Los trabajadores reciben capacitación en prácticas de manejo forestal sostenible, recolección segura y eficiente, y tecnologías de monitoreo y maquinaria. Esto optimiza su desempeño y reduce riesgos laborales. Asimismo, se los capacita en identificación y valoración de otros servicios ecosistémicos provistos por los bosques.</p> <p>Organización del trabajo: Se implementa una organización que permite flexibilidad y fomenta la especialización en áreas clave, como silvicultura, manejo de plagas y sostenibilidad. Los trabajadores pueden participar en la toma de decisiones sobre la gestión forestal, lo cual aumenta su compromiso y motivación.</p> <p>Beneficios y estabilidad laboral: Se ofrece estabilidad laboral y beneficios como seguros y programas de salud ocupacional, reduciendo la rotación y promoviendo una cultura de sostenibilidad entre los empleados. Los trabajadores son cubiertos en todos los aspectos de higiene y seguridad laboral, cobertura médica y aportes jubilatorios, lo cual genera un mayor compromiso en el trabajo y bienestar general.</p>	
Relaciones socio-económicas			
Relaciones sociales	Mercado de bienes	Mercado de trabajo	Procesos organizativos
<p>El modelo de gestión y organización en este sistema es participativo y cooperativo, donde los trabajadores locales tienen representación en la toma de decisiones. Este sistema de gestión fomenta</p>	<p>El sistema forestal se inserta en los mercados local, regional y nacional mediante la producción de bienes como madera certificada, resina y productos no maderables (como miel o plantas medicinales) y servicios ecosistémicos. Estos productos cumplen con altos estándares de sostenibilidad, lo que los hace competitivos</p>	<p>El sistema productivo forestal genera oportunidades de empleo dentro y fuera del sistema. En el interior, emplea a trabajadores locales en actividades como la plantación, el mantenimiento de bosques y la producción de madera y productos forestales. Fuera del sistema, la empresa</p>	<p>En este caso ideal, existe una red de organizaciones e instituciones que regulan y apoyan el sistema forestal. Estas incluyen organismos gubernamentales que supervisan el cumplimiento de normas ambientales y laborales, ONGs que asesoran en prácticas sostenibles, y</p>

<p>una estructura horizontal en la que las responsabilidades y beneficios están repartidos de forma equitativa. Además, se integran principios de trabajo justo y se capacita a los trabajadores en técnicas de manejo forestal sostenible, fortaleciendo su rol dentro de la comunidad y en el mercado laboral.</p>	<p>en mercados nacionales y también los abre a exportaciones, beneficiando la economía local y regional. Se logran colaboraciones con artesanos y pequeños empresarios locales para agregar valor a los productos, como en la elaboración de muebles, artesanías y productos derivados. Los productores se especializan en distintos productos para evitar competencia o trabajan en productos idénticos para aumentar volumen de negocio de exportación.</p>	<p>apoya a otros emprendedores locales y abre espacios de capacitación común a la población que les permita su especialización. Además, se incentiva la creación de empleos relacionados, como en ecoturismo y recolección de productos no maderables y/o turismo científico y naturalista y valoración de servicios ecosistémicos, diversificando las oportunidades laborales y mejorando la economía local.</p>	<p>cooperativas locales que agrupan a trabajadores y productores. También hay programas de formación técnica y convenios con universidades e institutos de investigación para innovar en técnicas de manejo forestal y en el desarrollo de nuevos productos, como así, para profundizar estudios ecológicos de las especies y recomendaciones más apropiadas de manejo. Estas instituciones fomentan la colaboración y la transparencia, asegurando que el sistema forestal sea viable y sostenible a largo plazo.</p>
--	---	---	--

Análisis de sostenibilidad

En este trabajo se han definido algunos criterios e indicadores que actúan como proxy para aproximar una radiografía del “estado” o “nivel de sostenibilidad” de los sistemas productivos forestales. Como resultado de la aplicación del índice de sostenibilidad resulta el siguiente gráfico (Figura 7), donde se observan los puntajes de los indicadores del aspecto social, económico y ambiental.

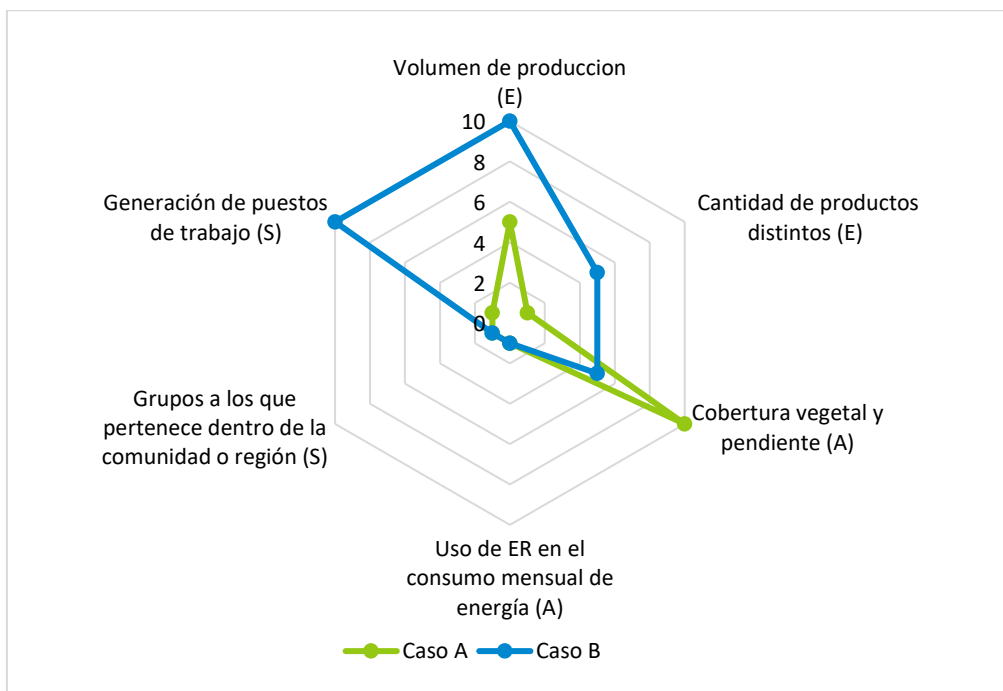


Figura 7. Indicadores de sostenibilidad en los casos A y B.

Como se puede apreciar, los índices relacionados con la dimensión económica y social arrojan mejores resultados en el caso B, mientras que en el caso A predominan mejor puntuación en cuanto a la dimensión ambiental. El predio con actividades productivas presenta mayor diversificación de productos obtenidos, lo cual disminuye el riesgo económico. Como se mencionó anteriormente, el propietario del caso B a su vez también lleva el manejo de un aserradero, lo cual, en épocas donde la oferta es limitada debido a la imposibilidad climática de la extracción en campo de la madera, el productor puede optar por la venta de los granos producidos en su campo.

El Índice de Sostenibilidad (IS) estimado para cada caso, se muestra en la Figura 8.

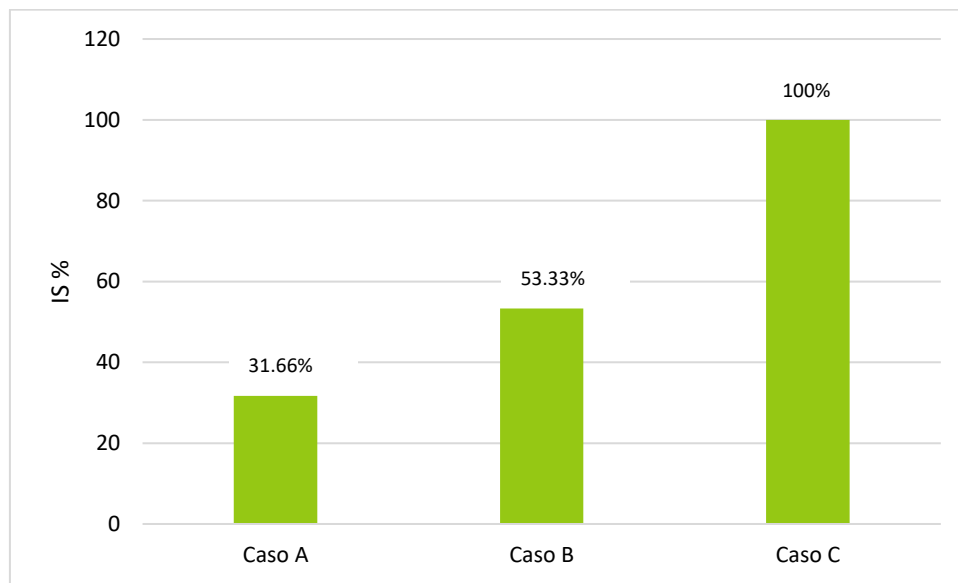


Figura 8. Índice de sustentabilidad resultante en los casos A y B. El caso C corresponde a la situación optimizada.

Este análisis de aproximación, se ve complementado con la caracterización previamente realizada, donde otros aspectos salen a la luz, brindando un panorama más amplio. Considerando esa mirada más integral, es posible pensar en los casos de estudio A y B como puntos de partida desde los cuales habría que desplazarse (como en trayectorias o recorridos) hacia la situación optimizada del Caso C, nunca perfecta, pero propuesta como de mayor estado de bienestar y de calidad ambiental general. Para el sistema optimizado propuesto, se esperan resultados básicos como:

- **Alta productividad y sostenibilidad:** Los beneficios ecosistémicos (bonos de carbono y otros) se logran conjugar con ingresos forestales a largo plazo. Se obtiene una producción forestal rentable y constante con un impacto ambiental mínimo, gracias a la rotación adecuada, prácticas forestales de bajo impacto y el uso de tecnologías sostenibles. Este sistema puede incorporar prácticas agrícolas de cultivos industriales de alto valor. Los aportes desde el sector científico y técnico, permiten incorporar planes de manejo que contemplen la ecología de las especies, y posibilite el mantenimiento del bosque en sus características originales, lo cual resulta atractivo a acciones de ecoturismo y turismo científico.

- **Contribución a la economía local y fortalecimiento de la gobernanza:** La generación de empleos estables y bien remunerados contribuye a la economía local, y el sistema produce materias primas para industrias nacionales, creando un impacto positivo en la economía regional y nacional. Se articulan y fortalecen las organizaciones para lograr beneficios conjuntos. Programas de capacitación fortalecen el desempeño en los puestos y desarrollo de modelos de negocio. Estrategias de marketing y agregado de valor a nivel local, permiten un mayor nivel de ingresos.
- **Neutralidad de carbono:** A través de prácticas de reforestación con especies nativas y captación de carbono, el sistema productivo reduce significativamente su huella de carbono y puede acceder a mercados de bonos de carbono. Asimismo, se gestiona de manera eficiente la madera y se aprovechan los residuos forestales como bioenergía, logrando reducir el consumo de fósiles, y por tanto, se logra una mayor mitigación de emisiones. Otros servicios ecosistémicos se incorporan paulatinamente a los mercados ambientales.

En términos generales, el caso A al no ofrece una oferta diversificada de productos para el mercado, por lo que está sujeto a un riesgo económico mayor, pero que es compensado con ingresos extraprediales. Si bien este caso no ofrece muchas posibilidades de mano de obra, la misma podría incrementarse si el productor se involucra en proyectos de ecoturismo, turismo educativo o de carácter naturalista, con proyección internacional. La oferta de servicios ecosistémicos (SSEE) en aumento -punto fuerte de este caso- al mantener las masas boscosas en recuperación, brindaría una fuente de ingresos complementaria al productor, junto con nuevos puestos laborales. Programas de microcréditos o microfinanzas locales podrían dar el soporte para mejorar la infraestructura básica y poner en marcha este tipo de alternativas. El primer indicador de productividad propuesto en este trabajo, al incorporar venta de SSEE, incluiría un análisis total del “margen de beneficios del productor” considerando costos/beneficios y evaluando en términos generales el sistema productivo. Sin embargo, este bosque en recuperación está sujeto a amenazas en cuanto ganadería extensiva de terceros, aprovechamiento ilegal de madera o incendios, por lo que sistemas de alerta temprana, y organización de tareas dentro de la comunidad, podrían ser estrategias de planificación necesarias para que la oferta de potenciales servicios ecosistémicos se mantenga en incremento. La vinculación del productor con otros productores y organizaciones, le dan posibilidad de movimiento y flexibilidad para poder incorporarse a estos nuevos mercados. A largo plazo, el aprovechamiento forestal podría ser una actividad productiva más rentable y sostenible, una vez que el bosque recupere las condiciones de equilibrio. Otras fincas forestales en la región, podrían adaptar también sus modelos de negocio para seguir esta trayectoria.

En cuanto al caso B, el nivel de sostenibilidad se acerca al caso optimizado por algunos aspectos como la productividad y el nivel de diversificación de productos. Al tener una mayor oferta de productos para la venta, el sistema reduce el riesgo económico, por ejemplo, en épocas lluviosas cuando se imposibilite la extracción de madera. Estos aspectos económicos sumados a los sociales, como el empleo de mano de obra local dedicada a tareas específicas, fortalecen la economía de la región. Si bien el caso B cuenta con mayor mano de obra que el caso A, en ambas situaciones se observó que el plantel de trabajadores locales cuenta con capacitaciones en los aspectos que desarrollan, y corresponden a mano de obra formal y permanente. En cuanto al aspecto ambiental, el caso B resulta con menor nivel de sostenibilidad ya que la mayor parte del predio ha sufrido cambios de uso del suelo (eliminación de la masa boscosa) para fines agrícolas y de aprovechamiento forestal. En este aspecto, para acercarse a un mayor nivel de

sostenibilidad, el predio B podría optar por manejar esa masa boscosa restante con fines de mitigación de gases de efecto invernadero o un programa de enriquecimiento con especies nativas, tal como lleva a cabo el caso A. Este enriquecimiento podría aumentar el stock de madera para futuros aprovechamientos forestales. Esta oportunidad implicaría una mayor empleabilidad de mano de obra para tareas silviculturales por ejemplo, aportando a la economía local.

Cadena forestal: oportunidades para la bioenergía

La cadena de valor forestal de la región de estudio se esquematiza en la Figura 9.

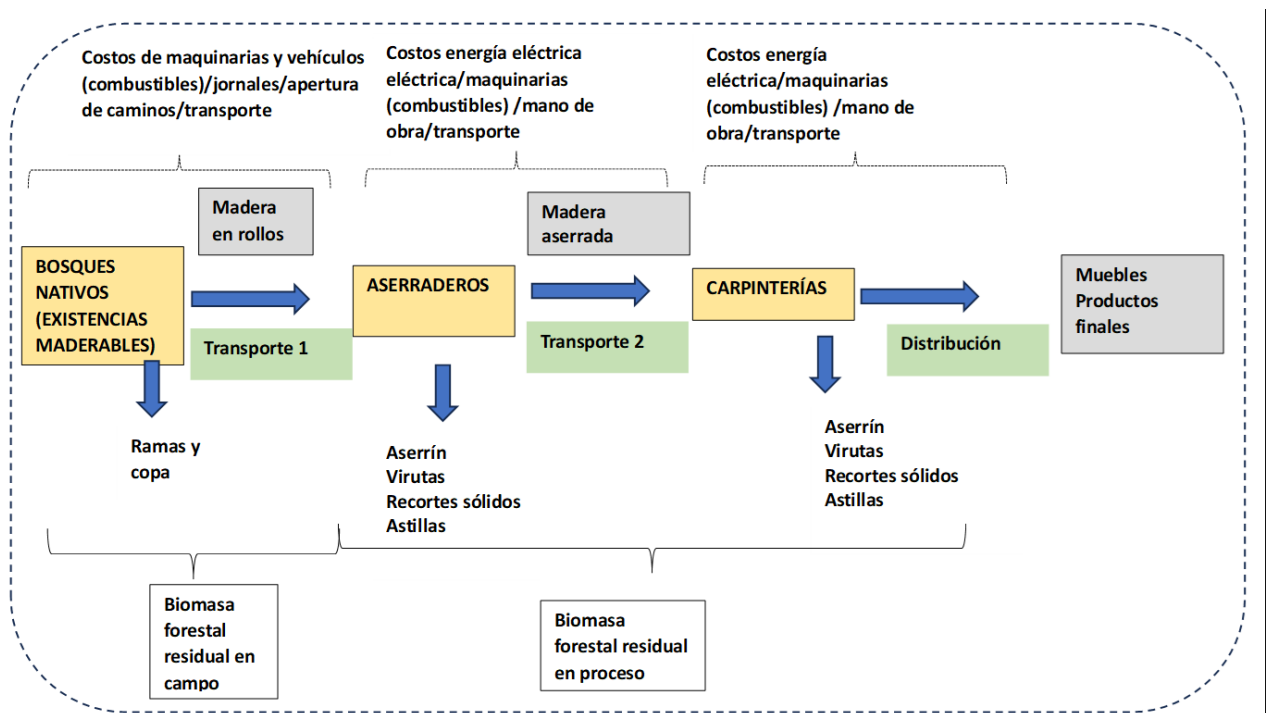


Figura 9. Cadena de Valor forestal en la cuenca forestal en estudio (Jujuy, Argentina). Fuente: elaboración propia

Se identifican dentro de la Cadena forestal, los puntos de generación de residuos que podrían ser aprovechados para bioenergía y el tipo de residuos de biomasa generados. En las etapas de extracción y procesamiento de la madera, se generan residuos que quedan en campo y no son utilizados. Se trata del ramaje que no es utilizado por razones de logística (mucho volumen y humedad, poca fracción combustible) y porque se prioriza el transporte de las trozas que tienen rédito económico en el mercado. Estos residuos de mayor tamaño son los que quedan en el campo luego de la extracción forestal. En el caso del procesamiento en industrias, los residuos quedan en el suelo o en las máquinas de corte, cepillado y lijado. Los mismos corresponden a materiales finos como aserrín y virutas, mayormente volátiles. Sin embargo, existen fracciones resultantes de cortes gruesos como recortes sólidos y astillas de mayor tamaño.

Es importante destacar la interrelación entre todos los eslabones de la cadena de valor forestal (ya sea netamente maderera o con fines ambientales) ya que cada etapa que en su caso involucre el sistema, implicará la interacción con múltiples actores.

Biomasa residual a campo

En el caso A, las prácticas silvícolas de conducción, liberación, eliminación de sobre maduros, en áreas de entrelínea para estimulación de ejemplares futuros de las especies más promisorias, dejan a campo un volumen de ramas y hojas que no se aprovechan, (Figura 10-B). Lo mismo ocurre en el caso B, pero el ramaje que queda en campo es a causa de la extracción o apeo de especies madereras cuando se lleva a cabo el aprovechamiento forestal, (Figura 10-A). En este sentido se observa que el fuste recto es separado para su traslado a la industria de procesamiento mientras que las ramas y el resto de la copa permanecen en el suelo. Tomando en cuenta el número de árboles que eliminan por día para las prácticas silviculturales, y el volumen de ramas que quedan en campo luego del apeo, se estima la biomasa residual aproximada, en ambos casos.



Figura 10. Biomasa residual en campo. Donde: A) Ramas y fuste cortado del árbol luego del aprovechamiento forestal en caso B.; B) árbol derribado de raíz correspondiente a prácticas de saneamiento en caso A.

Considerando que en el caso A se cortan 4 árboles por día durante las prácticas de despeje y limpiezas, mientras que en el caso B se apean alrededor de 8 árboles, quedan sus ramas en el campo. A partir de información brindada por ecuaciones alométricas de biomasa (para el caso de la eliminación del árbol completo en el caso A) y el volumen de ramas (en el caso B). Asimismo, junto con el valor de poder calorífico inferior obtenido en estudios llevado a cabo en el proyecto en curso (15,72 MJ/kg) y un valor de humedad total cercano al 10% , se obtiene un estimativo del potencial bioenergético contenido en la biomasa residual en campo, (Figura 11):

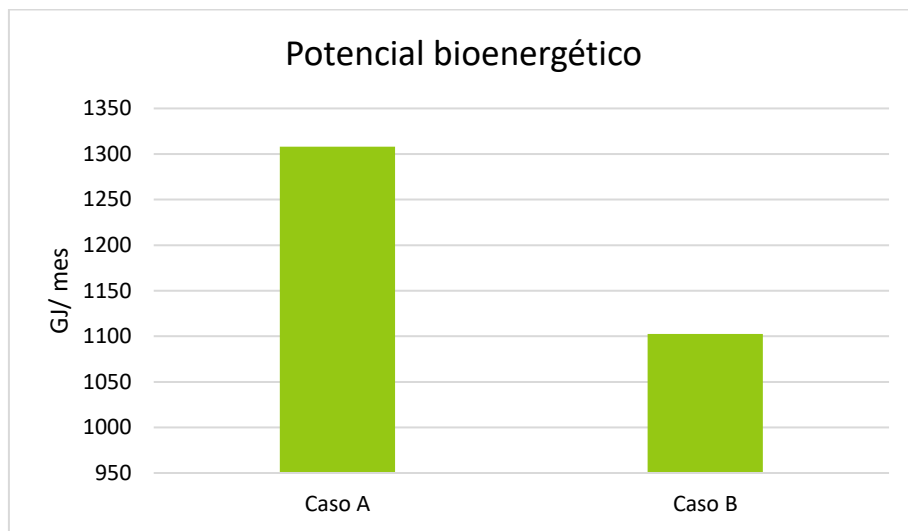


Figura 11. Potenciales bioenergéticos en GJ/meses contenidos en la biomasa residual en los casos A y B

La biomasa residual generada en el caso A es mayor, aunque se trate de menos árboles eliminados, ya que se tratan de árboles enteros, mientras que en el caso B, solo se tiene en cuenta la biomasa residual correspondiente a ramas, aunque se apeen más arboles por día.

Biomasa residual en industria

La biomasa residual industrial incluye residuos de aserraderos y carpinterías. Teniendo como referencia (Manrique *et al* 2023), se estimó el potencial bioenergético de la biomasa residual en las industrias de transformación de la madera. Como se mencionó anteriormente, los formatos de biomasa identificados en las industrias de transformación son: aserrín, recortes sólidos, viruta y astillas. Asimismo, se determinó el nivel de participación en la matriz de residual total por industrias junto con su poder calorífico, obteniéndose los siguientes potenciales bioenergéticos, (Figura 12):

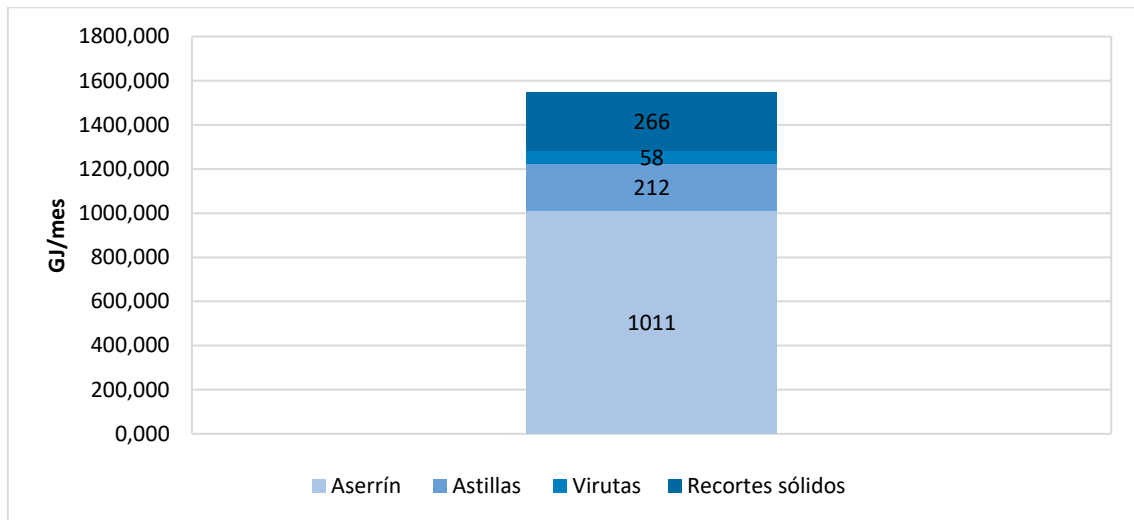


Figura 12. Potencial bioenergético GJ/mes en industrias de procesamiento de madera.

Un resumen sobre cómo el uso de la bioenergía podría impactar en los criterios de sostenibilidad utilizados para evaluar los sistemas forestales, se muestra en la Figura 13. Se considera que la incorporación de la bioenergía, podría resultar una estrategia complementaria en el desarrollo de una bioeconomía circular en la región, más eficiente y sostenible que su actual desperdicio y subvaloración.

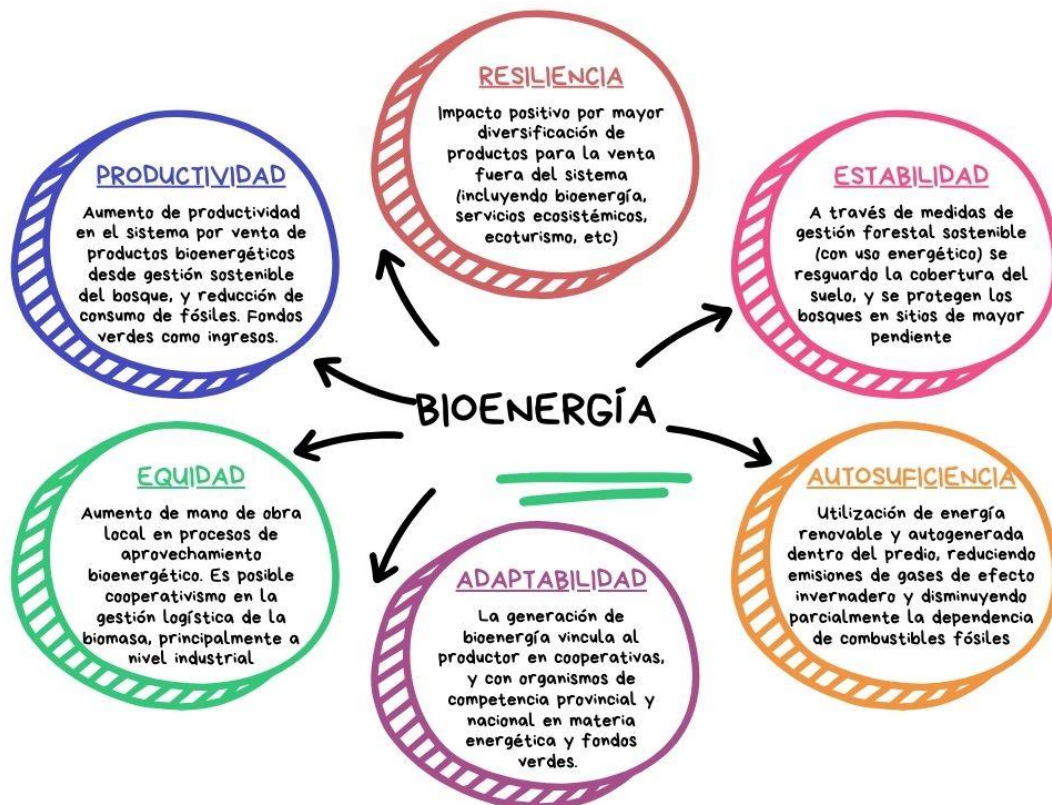


Figura 13. Potenciales impactos de la incorporación de la bioenergía en los criterios de sostenibilidad evaluados.

CONCLUSIONES

Los sistemas forestales de la región podrían perseguir múltiples objetivos en simultáneo, con la provisión inmediata de servicios ecosistémicos a corto plazo (y siempre y cuando se disminuya la presión sobre las masas boscosas y se incorporen estrategias de restauración), junto con productos agrícolas de interés industrial, y a mediano y largo plazo, la incorporación de ingresos por venta de madera manejada en esquemas integralmente más sostenibles y el aprovechamiento bioenergético de los residuos. El marco legislativo actual sobre energías renovables en el país, junto a las metas de la Agenda 2030, constituyen un marco de oportunidad para el financiamiento de estrategias con múltiples beneficios, que podrían resultar ejemplificadoras para toda la cuenca forestal en la región.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se realizó con financiamiento del Proyecto Unidades Ejecutoras CONICET titulado: “Innovaciones Tecnológicas en Energía y Ambiente en Concordancia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible y la Agenda 2030”. Código Proyecto 229 201801 00032 CO, línea de Bioeconomía Forestal. Un agradecimiento especial a la Municipalidad de Caimancito (Jujuy, Argentina), que brindó el apoyo logístico para el desarrollo de los estudios actuales en el marco del Convenio de Colaboración Mutua N° PR5142/2021. Se agradece de manera particular a los productores locales, quienes gentilmente han facilitado el acceso a sus fincas para la recopilación de datos y muestras, y en general a toda la comunidad de Caimancito.

BIBLIOGRAFÍA

- AFOA (2017). El gran potencial de la energía de base forestal para contribuir a la matriz energética de Argentina. Recuperado de: http://www.afoa.org.ar/bosques_en_argentina_detalle.php?p=172 (2020).
- Apollin, F., Eberhart, C. (1999). Análisis y diagnóstico de los sistemas de producción en el medio rural. CARE y CESA. CAMAREN, Quito, Ecuador.
- Bocchetto, R., Gauna, D., Bravo, G., González, C., Rearte, M., Molina Tirado, L., Hilbert, J., Eisenberg, P., Lecuona, R., Taraborrelli, D., Papagno, S., Vaudagna, S. (marzo, 2021). Bioeconomía del Norte Argentino: situación actual, potencialidades y futuros posibles. Proyecto “Bioeconomía Argentina: Construyendo un Futuro Inteligente y Sustentable para el Norte Argentino 2030”. MINCYT - INTAINTI- UNNE-UNSa-UNSE. Síntesis para Tomadores de Decisiones. Buenos Aires.
- Cabrera Á. L, Willink A (1973). Biogeografía de América Latina. Monografía 13. Serie de Biología. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Washington DC. EEUU. 120 pp.
- Carus, M; Dammer, L. (2018). The circular bioeconomy—concepts, opportunities, and limitations. *Industrial biotechnology*, 14(2): 83-91. Colección Documentos Técnicos N.º 19. Buenos Aires. <https://doi.org/10.4060/ca8764es>
- CNPV, (2010). Censo nacional de población, hogares y viviendas 2010: censo del Bicentenario: resultados definitivos
- De Camino, R.; Müller, S. 1993. Sostenibilidad de la agricultura y los recursos Naturales. Bases

- para establecer indicadores. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Serie de Documentos de Programas. 133 p,
- FAO Departamento forestal dendroenergía (2009). “Análisis del balance de energía derivada de biomasa en Argentina”. Recuperado de: http://www.probiomasa.gob.ar/pdf/Balance_de_Energia.pdf
- FAO, 2020. Actualización del balance de biomasa con fines energéticos en la Argentina.
- Hodson De Jaramillo Elizabeth, (2018). Bioeconomía: el futuro sostenible. Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat. 42(164):188-201, julio-septiembre de 2018. doi: <http://dx.doi.org/10.18257/raccefyn.650>
- López-Ridaura, S.; Maser, O. y Astier, M. (2002). Evaluating the sustainability of complex socio-environmental systems. The MESMIS framework. Ecological Indicators 2(1), pp. 135- 48.
- Manrique, S.M.; Subelza, C.R.; Toro, M.A.; Quintero Bertel, Q.R. y Tauro, R.J. (2023). Forest Supply Chain for Bioenergy: An Approach for Biomass Study in the Framework of a Circular Bioeconomy. *Energies*, 16(20), 7140. <https://doi.org/10.3390/en16207140>
- MEN (Ministerio de Economía de la Nación Argentina). La Foresto-Industria en Argentina. Oportunidades, Desafíos y Líneas de Acción Para una Estrategia Productiva Sectorial. Secretaría de Industria y Desarrollo Productivo. L.M. Alfonsín. (2023). 88 pág. 8p. Disponible online: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/38_-_foresto-industria_1.pdf
- MINAGRO (Ministerio de Agroindustria Argentino). Censo Nacional de Aserraderos. Informe del Relevamiento Censal en la Provincia de Jujuy- Región NOA. Subsecretaría de Desarrollo Foresto Industrial de la Nación. (2017); 94pp. Disponible online: https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/ss_desarrollo_foresto_industrial/censos_inventario_archivos/censo/000000_Informe%20Nacional%20de%20Aserraderos%202015.pdf
- Ministerio de Ambiente de la Nación Argentina (2020) .Fichas Técnicas Energía. [En línea]. Recuperado de URL: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/11-energia_ia_2020.pdf
- Ministerio de Ambiente y cambio climático de la Provincia de Jujuy. Fichas Técnicas Reserva de la Biosfera de las Yungas. (2023). [En línea]. Recuperado de URL: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2023/02/fichas_web_11.pdf
- Moreno, H.; Pedraza, G. y Solarte, A. (2006). Construcción y uso de indicadores de sostenibilidad para la Planeación Participativa de Predios [En línea]. Recuperado de URL: <http://desarrollo.ecoportel.net/content/view/full/63022>
- MPyMA (Ministerio de Producción y Medio Ambiente de Jujuy). Resolución N 081/2009. Secretaría de Gestión Ambiental. Jujuy, Argentina. (2009) Disponible online: https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/producciones_sostenibles/legislacion/provincial_archivos/000005-Legislaci%C3%B3n%20Ambiental%20General/000010-Jujuy/008109Resolucion%2081-09%20SGA%20EIA%20manejo%20bosques.pdf
- OECD, (2009). The Bioeconomy to 2030: Designing a Policy Agenda. Main Findings and Policy Conclusions. OECD International Futures Project.
- Ortiz, Guillermo. 2015. Caracterización y perspectivas de la foresto industria en la provincia de Jujuy / Guillermo Ortiz ; adaptado por Florencia Illbele ; contribuciones de Estefanía Sanchez ... [et al.] ; ilustrado por Sofia Belaustegui . - 1a ed . - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación. MAGyP., Unidad para el Cambio Rural, UCAR., 2015.70 p. : il. ; 28 x 20 cm. ISBN 978-987-1873-36-4
- Otta S., Quiroz, L, Juaneda E, Salva J. , Viani M. , Filippini M. F. (2016). Evaluación de

sustentabilidad de un modelo extensivo de cría bovina en Mendoza, Argentina. Rev. FCA UNCUYO. 2016. 48(1): 179-195. ISSN impreso 0370-4661. ISSN (en línea) 1853-8665.

Pinasco, G. (2020). Resumen Publico Proyecto Corredor de Los Cedros . Version 1.1. GMF Latinoamericana S. A. Revisado por Sebastián Fragni – Jujuy, Argentina

SAYDS (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación). Plan Estratégico de Gestión Forestal de la Cuenca Caimancito, Jujuy. (2019); 95pp. Disponible online: https://www.ambientejujuy.gob.ar/wp-content/uploads/2020/06/plan_estrategico_forestal_cuenca_caimancito_Jujuy-1.pdf

Vittone, J.; Aller, J.; Otero, G.; Scena, C.; Alberio, R.; Cano, A. 2008. Efecto del momento del destete precoz en vacas primíparas en anestro profundo tratadas con un progestágeno sobre la actividad ovárica posparto. Revista Argentina de Producción Animal. 28(1): 173-175.).