



# BIOTERRITORIALIDAD Y BIOCOMBUSTIBLES: EL CASO BOLIVIANO

## **Bioterritoriality and biofuels: The Bolivian case**

*Jorge Quiroga Canaviri<sup>1</sup> y Bruno Condori<sup>2</sup>*

DOI: <https://doi.org/10.47386/2023V1N3A4>

### RESUMEN

El objetivo de la investigación es explorar diferentes alternativas de producción de biocombustibles, amparadas en el concepto de bioterritorialidad y aspectos técnico-agronómicos fundamentales, examinando la biomasa residual generada en el agro y variedades oleíferas para su implementación en Bolivia. La producción de biocombustibles puede impulsar la sustitución de combustibles fósiles, generando beneficios económicos, sociales y ambientales en regiones con alto potencial en el marco de la bioterritorialidad. Metodológicamente se revisa la bibliográfica de conceptos clave enfocados en el uso y gestión sostenible de recursos biológicos, yendo de lo general a lo particular al estudiar la producción de biodiesel al haberse convertido Bolivia en importador nato de diésel, aspecto que merma sus reservas internacionales. Este concepto ligado a la bioeconomía sostenible impulsa buenas prácticas agrícolas respetuosas del ciclo biológico de especies elegidas, fomentando la sostenibilidad y promoviendo el desarrollo local. Se emplean modelos matemáticos y geográficos bioterritoriales para identificar zonas potenciales y establecer la mejor opción oleífera que pueda implementarse en Bolivia. Se ratifican los preceptos de bioeconomía andeamazónica y se concluye que el biodiesel, enmarcado en la bioterritorialidad, al combinar holísticamente conceptos y actividades puede generar beneficios económicos para las comunidades locales y fomentar actividades complementarias como la ganadería. El estudio de caso incide en la no afectación de la seguridad alimentaria ampliando la frontera agrícola con producción extensiva de especies que afecten los

---

<sup>1</sup> Jorge Quiroga Canaviri es economista, Ph.D. en Desarrollo económico (Alemania) y candidato a 2do. Ph.D. en Proyectos e Investigación científica. Maestrías en Economía Agrícola, Macroeconomía aplicada, Seguridad defensa y desarrollo. Experto y conferencista internacional en Bioeconomía con publicaciones indexadas en ALC, Europa y Asia. Ocupó altos cargos como servidor público y 25 años como CEO de la empresa privada boliviana. Docente universitario e investigador en universidades nacionales y extranjeras. Es consultor internacional y pertenece a varias Redes de Bioeconomía.

<sup>2</sup> Bruno Condori Alí es doctor en ciencias biológicas y ciencias agronómicas de la Universidad Católica de Louvain, Bélgica. Es investigador y consultor en varias agencias internacionales con publicaciones relevantes (peer-reviewed) desarrolladas en varios países (USA, Francia, Kenia, Etiopía, Uzbekistán, Perú y Bolivia). Actualmente es docente de pregrado y postgrado en la Universidad Pública de El Alto.

ecosistemas, vinculando aspectos técnicos como suelos, condiciones climáticas y tiempo de maduración de variedades que logren su madurez biológica y potencial productivo, para dar sostenibilidad a la política pública sustitutiva. Se recomiendan aspectos inherentes a la viabilidad de la palma aceitera como alternativa técnica y económicamente factible para producir biodiesel.

**Palabras clave:** Bioterritorialidad, biocombustibles, biodiesel, oleíferas, bioeconomía andeamazónica.

### ABSTRACT

The general objective of the research is to explore different production alternatives for biofuels, supported by the concept of bioterritoriality and fundamental technical-agronomic aspects, examining the residual biomass generated in agriculture and oil varieties for implementation in Bolivia. Biofuel production can promote the substitution of fossil fuels, generating economic, social and environmental benefits in regions with high potential within the framework of bioterritoriality. Methodologically, the bibliography of key concepts focused on the sustainable use and management of biological resources is going from the general to the specific when studying the production of Biodiesel because Bolivia has become a natural importer of Diesel, reducing its international reserves. This concept linked to the sustainable bioeconomy promotes good agricultural practices that respect the biological cycle of chosen species, promoting sustainability and local development. Mathematical and geographic models are used to identify potential areas and establish the best oil-bearing option in Bolivia. The Andean-Amazonian bioeconomy precepts are ratified and conclude that biodiesel, framed in bioterritoriality, can generate economic benefits for local communities and promote complementary activities, such as livestock farming, by holistically combining concepts and activities. Case studies focus on not affecting food security by expanding the agricultural frontier with extensive species production that affects ecosystems, linking technical aspects such as soils, climatic conditions, and maturation time of varieties that achieve their biological maturity and productive potential to provide sustainability to substitute public policy. The viability of oil palm as technical and economically feasible alternative is recommended to produce biodiesel.

**Keywords:** Bioterritoriality, biofuels, biodiesel, oil varieties, Andean Amazonian Bioeconomy.

### Fechas importantes

**Recibido:** 25 noviembre 2023    **Aceptado:** 14 diciembre 2023    **Publicado:** 28 diciembre 2023

- Las opiniones vertidas en este artículo son de exclusiva responsabilidad de los autores y no representa el pensamiento ni las opiniones de la revista.
- El presente artículo ha sido dictaminado por pares bajo la modalidad de doble ciego, así como revisado el porcentaje de originalidad por Turnitin con un mínimo de 90%.
- Los manuscritos publicados en esta Revista podrán ser producidos con fines académicos, citando la fuente y el autor.

## Introducción

Nueve países de Centro y Sudamérica producen biocombustibles (sobre todo bioetanol que se mezcla con la gasolina) como Argentina, Brasil, Bolivia, Colombia, Ecuador, México, Paraguay, Perú y Uruguay), considerando la relativa homogeneidad de la región. Utilizan biomasa residual proveniente de la caña de azúcar o soya para fabricar bioetanol y especies oleíferas para fabricar biodiésel, contrastando la información proveniente de bases de datos y Estadísticas de la FAO (FAOSTAT, 2023). Se consideró la eficiencia energética como aspecto crítico para cumplir con uno de los Objetivos de Desarrollo (ODS) al 2030, empleando energías más limpias para mejorar las economías y también cuidar aspectos ligados al cambio climático y un aprovechamiento más equilibrado de la madre naturaleza.

En Bolivia a partir de 2021 se afianzó una política de sustitución de importaciones de combustibles fósiles, contaminantes y causantes del calentamiento global, tendiente además a evitar la ascendente importación de Diesel que no produce Bolivia, centrados en elegir la mejor elección de materias primas vegetales para su procesamiento a través de novedosas tecnologías y procesos que derivan en una mayor ganancia neta de energía en la elaboración de biocombustibles o combustibles orgánicos (Ren et al., 2014).

Sin embargo, surgieron preocupaciones respecto a la producción de biocombustibles, inherentes a la generación de materia prima (biomasa residual) que no afecte al consumo humano y su seguridad alimentaria, dadas las proyecciones de (Naciones Unidas/CEPAL, 2018) que señalan que la población mundial aumentará en 2.000 millones en 30 años, motivo por el que se debe precautelar la producción de alimentos, obligando a revisar los orígenes y significados de los combustibles biológicos de primera generación o biocombustibles, al igual que los diferentes tipos, procesos productivos y tecnologías utilizadas para mejorar su eficiencia.

Es por lo anotado que la presente investigación incide en un aspecto relevante como es la Bioterritorialidad, ligada a la producción de Biocombustibles en el caso boliviano.

Se parte del objetivo general analizar la relación entre territorio, sostenibilidad ambiental y producción de biocombustibles en Bolivia, para comprender cómo la producción de biocombustibles impacta el territorio, la economía, el medio ambiente y la sociedad boliviana, así como identificar posibles desafíos y oportunidades en este ámbito, enmarcados en la política pública de sustitución de importaciones de combustibles fósiles (Arce Catacora, 2023), que no afecten la seguridad alimentaria.

Los objetivos específicos pueden variar según la región y circunstancias específicas, pero aquí señalamos los más vinculados a la realidad boliviana en la actualidad:

- a) Impulsar la producción de Biodiesel partiendo del primer eslabón que es la mejor selección de la materia prima que sea sostenible para la sustitución de importaciones de Diesel por Biodiesel

- b) Proponer estrategias para el desarrollo sostenible de la producción de Biodiesel en Bolivia, sustentadas en métodos matemáticos y geográficos que hacen a la bioterritorialidad, considerando aspectos como el uso de tierras agrícolas, las condiciones medioambientales y climáticas y el impacto en las comunidades locales.
- c) Promover la investigación en el área temática enunciada para una óptima definición de la política pública de sustitución de importaciones de Diesel que más se adecúe a Bolivia.

Estos objetivos se adaptan a necesidades y recursos específicos de Bolivia, para promover un desarrollo económico sostenible que esté en armonía con el uso sostenible, la preservación y en su caso la conservación del medio ambiente, la participación de comunidades locales, todo ello en armonía con la naturaleza.

La importancia del tema investigado radica en el ámbito de biocombustibles líquidos de primera generación donde Bolivia avanzó sobre todo en Bioetanol procedente de la biomasa residual de la industria azucarera, pero Biodiesel, continua siendo un tema de agenda pendiente, incluida la preocupación de no ampliar la frontera de producción de productos agrícolas per sé, sino de impulsar un cambio en la matriz energética, para generar más empleo y desarrollo económico en el sector primario y sector industrial manufacturero.

Ante la caída en la producción de hidrocarburos en la última década, Bolivia se convirtió en importador nato de Diesel, aspecto que motivó la priorización de la producción de biodiesel para atenuar la pérdida de reservas internacionales y evitar la dependencia de la importación de Diesel oil que es un recurso muy requerido por los sectores productivos y de transportes. Para ello, la mejor opción declarada en el Foro sobre combustibles realizado en Santa Cruz en noviembre de 2022, a cargo del Ministerio de Energía e Hidrocarburos (MEH), señala el desarrollo prioritario de alternativas de producción de biocombustibles, aspecto que motivó la necesidad de priorizar proyectos de producción de Biocombustibles en el Estado Plurinacional de Bolivia (Ministerio de Hidrocarburos y Energías, 2022, p. 6).

Entre 2006 y 2019, con base en información del Instituto Nacional de Estadística (INE), las importaciones de diésel sumaron 8.677 millones de dólares, por la compra de casi 11 millones de toneladas. En 2019, las compras externas de diésel tuvieron un crecimiento en el valor y el volumen, en términos porcentuales 2% y 3% respectivamente, comparado con el 2018 (IBCE, 2020).

La información del INE, procesada por el Instituto Boliviano de Comercio Exterior (IBCE) mostró que, en tres meses hasta marzo de 2022, Bolivia importó diésel por un valor de 394,8 millones de dólares (IBCE, 2023, p. 29). El costo por tonelada fue de 1.036 dólares, superior en 39,2% a los 744 dólares de 2021. El déficit crónico con alta incidencia en Balanza de Pagos del Diesel, ameritó generar una respuesta para revertirlo, que es la presente investigación.

La problemática circundante se liga a: búsqueda de equilibrio y explotación sostenible, conservación ambiental, preservando las comunidades locales, con respeto a las regulaciones, en el marco de un esquema de gobernanza en las acciones de los actores y todo lo enunciado dirigido a la adaptación al cambio climático.

La metodología de la investigación es bibliométrica<sup>3</sup> seleccionando palabras clave estructurantes, para identificar la literatura científica y especializada en el abordaje temático propuesto, orientándola a los objetivos y problemática descritos, particularizando la sustitución de importaciones de Diesel. También se utiliza el método deductivo como razonamiento lógico que permita obtener las conclusiones particulares a partir de una serie de premisas descritas como parte del Estado del Arte de esta investigación. De antemano la conclusión de este razonamiento deductivo estará contenida en dichas premisas, es decir, si las premisas generales son verdaderas y respaldadas con el método bibliométrico las premisas también son verdaderas con base en el estudio de caso y las conclusiones serán reflejo de ello. Para dar sustento a la discusión y conclusiones del trabajo se ensaya modelos matemáticos y geográficos que nutren el análisis con miras a una identificación bioterritorial de los espacios más aptos, de las condiciones climáticas y ambientales óptimas y otros aspectos que hacen a las buenas prácticas agrícolas inherentes al cultivo y producción de la materia prima, abriendo las posibilidades para considerar la mejor opción para Bolivia.

Es así, que luego de la discusión de los casos estudiados, según variedades, se procederá a la redacción de conclusiones y recomendaciones inherentes a la palma aceitera y otra alternativa interesante investigada en la región.

## Marco teórico y Revisión de la literatura (Estado del Arte)

En 1913 Rudolph Diesel escribió “El uso de aceites vegetales como combustibles puede parecer insignificante hoy. Pero con el tiempo pueden convertirse en combustibles tan importantes como el petróleo o el carbón lo son en nuestros días” (López Ramírez et al., 2011, p. 1). Casi un siglo después, los biocombustibles derivados de extractos vegetales son considerados una alternativa promisoría para disminuir el impacto de las actividades humanas en el ambiente. Biodiesel es el nombre que se aplica a los compuestos derivados de aceites vegetales o grasas animales que pueden ser utilizados como combustible en motores de compresión por ignición o motores diesel.

Como biocombustibles se consideran los “combustibles renovables de origen biológico que incluyen leña, estiércol, biogas, biohidrógeno, bioetanol, biomasa microbiana, desechos agrícolas, cultivos para combustibles, etc.”<sup>4</sup> y por Agrocombustibles “a los biocombustibles obtenidos a partir de monocultivos, tales como soja, caña de azúcar, maíz o algarrobos aceiteros, etc.”<sup>5</sup> (Pistonesi et al., 2008, p. 10).

“Los combustibles biológicos se obtienen a partir de restos orgánicos” (González & Valero, 2011). Entre los principales biocombustibles de primera generación se encuentra el biodiésel que se produce a partir de las oleaginosas de la soya, aceite de palma, colza, *Jatropha curca*, y

---

3 Método bibliométrico es una herramienta de análisis que se utiliza para evaluar la producción científica y académica en un determinado campo de estudio. Consiste en el análisis cuantitativo de la literatura científica, incluyendo la cantidad de publicaciones, citas y la relevancia de las fuentes.

4 Hazell, P. & R.K. Pachauri “Bioenergy and agriculture: promises and challenges. Overview. IFPRI Focus 14, N° 1, Washington. 2006.

5 Otra referencia importante es la UWET (Unified Wood Energy Terminology) presentada por la FAO a fines de la década pasada y donde ya se conceptúan los agrocombustibles como una categoría de biocombustibles.

más recientemente *Pongamia australiana* que es un algarrobo aceitero que crece en el chaco paraguayo empleando distintos biofertilizantes (Torres & Hernández, 2006). También se pueden elaborar biocombustibles sólidos densificados a partir de la tusa de maíz, bioaglomerante de yuca y carbón mineral (Berastegui Barranco et al., 2017).

La Bioterritorialidad permite analizar y ver qué papel juega el territorio en procesos del desarrollo local. Nos remitimos a los italianos (Dematteis & Governa, 2005) quienes “convirtieron lo territorial en un objetivo mayor al buscar esclarecer las conexiones entre territorialidad y sostenibilidad. Para definir principios y modelos de sostenibilidad territorial que permitan además la autorreproducción sostenible de los sistemas territoriales”.

La Bioterritorialidad se define como “noción de territorialidad aplicada a las especies animales y por tanto a la especie humana, se encuentra indisolublemente unida a la noción de hábitat” (Quiroga-Canaviri & Menéndez-Gámiz, 2023, p. 41). Los vegetales desempeñan un papel fundamental en el territorio. Contribuyen a la biodiversidad, ayudan a mantener el equilibrio ecológico, proporcionan alimento y refugio a la fauna, y también tienen un impacto positivo en la calidad del suelo y del aire. Además, los vegetales son esenciales para la producción de oxígeno a través de la fotosíntesis, lo que es vital para la vida en la Tierra. Se asume que el territorio tiene vida y por ello es importante preservarlo, para también preservar la vida humana en la tierra.

También mereció particular atención la relación sociedad / ambiente, así como la dimensión comunitaria de las relaciones entre actores con su territorio que se definió como huellas de la comunidad que es un concepto clásico vs el concepto contemporáneo de la industrialización (Bagnasco, 1999). Así surge y cobra gran importancia el desarrollo local y subyace el riesgo de una visión localista del desarrollo local, dado que el análisis es multidimensional y complejo, involucrando aspectos económicos, sociales, culturales, políticos y ambientales.

La bioterritorialidad al referirse a la relación entre territorio y biodiversidad, así como a la forma en que los seres humanos interactúan con el entorno natural, en el contexto de la presente investigación sobre biocombustibles en Bolivia, inicia un abordaje sobre cómo esta producción afecta el territorio, la biodiversidad y la sostenibilidad ambiental en el país. Este análisis se fundamenta en el modelo bioeconómico andeamazónico desarrollado por (Quiroga & Zaiduni, 2022), en el que se presenta como estudio de caso el Bioetanol, lo que no limita el análisis del Biodiesel.

Su importancia radica en comprender cómo las características del territorio, el clima, el suelo y la topografía, pueden influir en la producción de biodiesel a partir de diferentes variedades de biomasa. Se considera una aproximación realizada en 9 países latinoamericanos como estudios gerenciales para estudiar el tema (Gómez, 2016). Al realizar un análisis detallado de la bioterritorialidad, es posible identificar las zonas geográficas que son más propicias para el cultivo de la biomasa específica requerida para la producción de biodiesel. Además, el estudio de la bioterritorialidad permite evaluar la sostenibilidad ambiental de la producción de biodiesel, considerando el impacto en la biodiversidad, el uso de tierras agrícolas y la conservación de recursos naturales.

Al identificar las áreas más adecuadas para el cultivo de la biomasa, se puede optimizar la producción de biodiesel, maximizando el rendimiento y la eficiencia del proceso. Esto a su vez contribuye a la seguridad energética y a la reducción de la dependencia de los combustibles fósiles. Además, al tener en cuenta la bioterritorialidad, se pueden implementar prácticas agrícolas sostenibles que minimicen el impacto ambiental y promuevan la conservación de los ecosistemas locales.

El biodiésel se obtiene a partir de la esterificación de lípidos. En la actualidad se produce principalmente a partir de aceites vegetales, aunque también es posible procesarlo de grasa animal o aceites reciclados, pero cada proceso de transformación es distinto (Tejada Tovar et al., 2013).

Todo este análisis también considera la contaminación ambiental con la presencia de componentes nocivos (químicos, físicos o biológicos) en el medio ambiente (entorno natural y artificial).

## **Métodos y Materiales**

La metodología empleada es la exploratoria descriptiva recomendada por (Gil et al., 2022) mediante la recopilación de literatura científica de revistas indexadas de calidad y confiabilidad, buscando que el objetivo general permita fundamentar la mejor manera de producir biocombustibles en el marco de la bioterritorialidad de manera armoniosa con el medio ambiente y que contribuya significativamente a mitigar o la adaptación al cambio climático. Asimismo, se empleará el método deductivo consistente en tomar aspectos generales para aplicarlos al caso particular del biodiesel y para enriquecer la discusión y las conclusiones o recomendaciones se empleará un método cuantitativo matemático y geográfico que determina el nicho ecológico basado en umbrales térmicos y de precipitación requeridos para determinar la presencia de una especie, metodología ampliamente recomendada y utilizada a nivel internacional (Hijmans et al., 2005).

### **Técnicas de recolección de datos**

Se hace un análisis documental bibliométrico que permite obtener la información existente inherente a la materia investigada. Esta información se la compatibiliza con la base de datos elaborada y procesada mediante consulta a material bibliográfico para determinar umbrales térmicos y de precipitación que permitan un crecimiento y desarrollo óptimo de la palma aceitera, para posterior uso de esta información en modelación espacial de nicho ecológico en el programa DivaGis, recomendada por (Hijmans et al., 2005).

### **Instrumento de la recolección de datos**

Se empleó información secundaria proveniente de estudios realizados sobre el caso de palma aceitera (*Elaeis oleifera Kunth*), como especie más estudiada a nivel internacional. Con base en esta información se ha determinado los valores cardinales de temperaturas y precipitación requeridas para la palma aceitera. Entre estos valores se halló que temperaturas menores de 10°C pueden ocasionar daños irreversibles en la planta; la palma puede mantener funciones

básicas para la parte vegetativa desde los 15°C, presentando un óptimo para sus funciones vegetativas y reproductivas entre los 24 a 28°C. Se espera que un estrés severo a la palma puede provocarse por sobre los 35°C y un colapso total de las funciones celulares a los 40°C. En cuanto a las precipitaciones, se requiere un mínimo de 500 mm de precipitación acumulada para mantener las funciones celulares vegetativas, alcanzando un óptimo de precipitación requerida entre los 2000 a 2500 mm, existiendo un límite restrictivo a zonas arriba de los 3000 mm, las que pueden ocasionar asfixia de las raíces de la palma (Corley and Tinker, 2015; Teh and See-Siang, 2018).

### Análisis de datos

El análisis de la información colectada en el acápite anterior, se realizó mediante modelamiento de nicho ecológico basado en el método EcoCrop incorporado en el programa DivaGis (V 7.5), ampliamente descrito por (Hijmans et al., 2005).

**Tabla 1.** Valores umbrales para presencia de palma aceitera (*Elaeis oleifera* Kunth) con base al método EcoCrop (FAO, 2023) incorporado en el programa DivaGis (V. 7.5)

Length of growing season	Temperature variables	Precipitation variables
GMin: 240	KTmp: 8	Rmin: 500
GMax: 330	Tmin: 15	ROPmn: 2000
GUsed: 285	TOPmn: 24	ROPmx: 2500
	TOPmx: 28	Rmax: 3000
	Tmax: 35	

**Fuente:** Valores de los parámetros modificados con base a Corley and Tinker (2015), y Teh and See-Siang (2018).

## Presentación de diferentes alternativas de materias primas para el caso boliviano

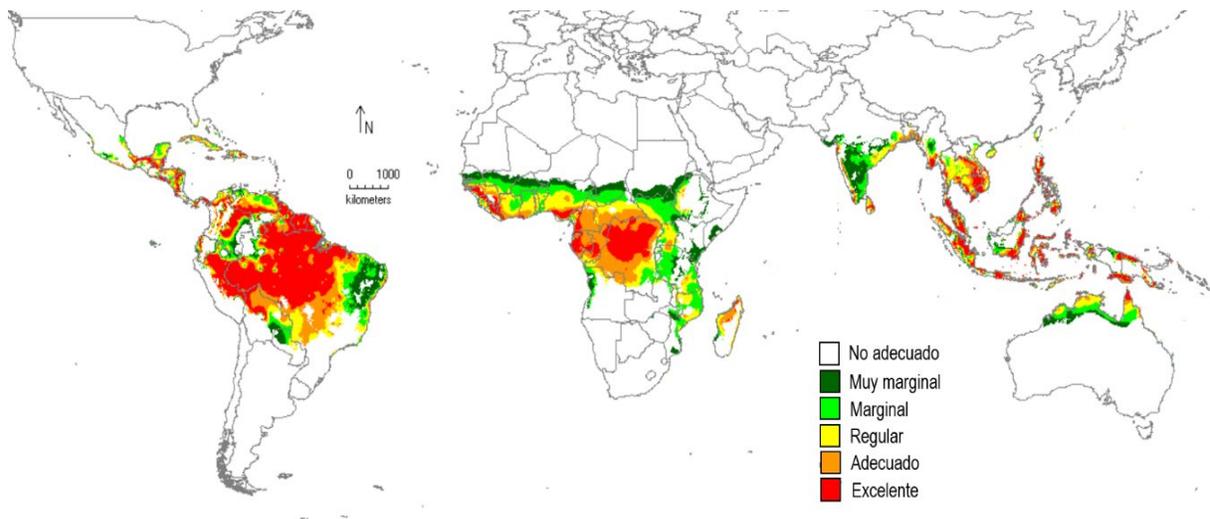
### Palma Aceitera

El desarrollo de la palma aceitera en sus dos especies principales (*Elaeis oleifera* y *Elaeis guinnensis*) está ubicado en la franja tropical del planeta, donde desarrollan bajo climas cálidos, con reducida amplitud térmica (de 24 a 28°C), es decir con poca variación entre temperaturas máximas y mínimas, además de precipitaciones entre 2000 a 2500 milímetros anuales (Corley and Tinker, 2015; Teh and See-Siang, 2018).

La palma aceitera es uno de los productos comerciales más importantes del planeta, con una producción mundial de 79,464,000 de toneladas métricas para el 2023 (USDA, 2023). En la Figura 1, se muestra de manera coherente, en condiciones de excelentes condiciones climáticas (área roja), a los países y sus provincias más productoras en Indonesia (59%), Malasia (24%), Tailandia (4%), Colombia (2%), Nigeria (2%), Guatemala (1%), completando el restante 8% de la producción mundial por otros países ubicados en la franja tropical del planeta (USDA, 2023).

Cabe recalcar, que aparte del clima, las condiciones de suelos, manejo y otros parámetros pueden definir el nicho agroecológico óptimo para la producción de palma aceitera, sin embargo, la Figura 1 permite mostrar la superficie potencial expandible del cultivo de palma, si otros factores de producción serían manejables y factibles para una producción comercial.

**Figura 1.** Distribución global de adaptabilidad de la palma aceitera (*Elaeis oleífera Kunth*) con base a idoneidad climática



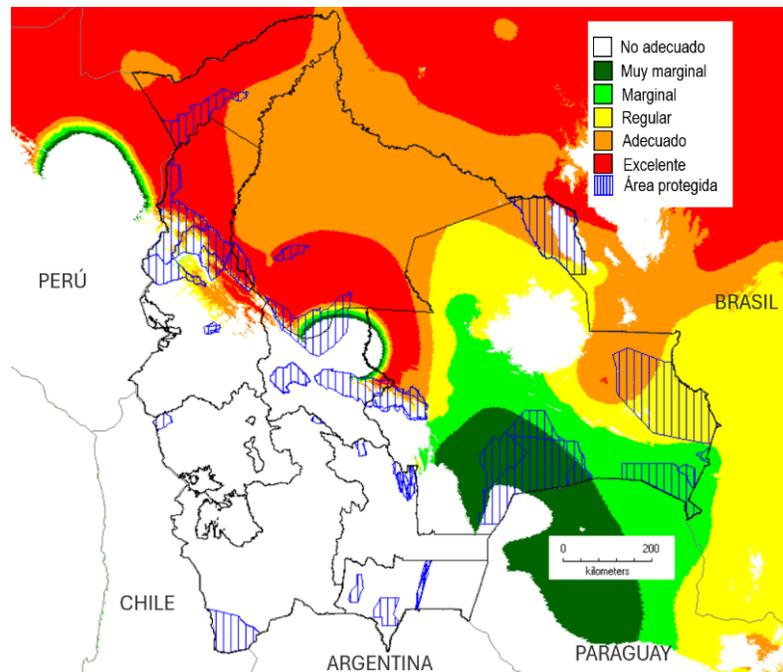
**Fuente:** Elaboración propia

En el caso de Latinoamérica se refrenda las zonas productoras del sudeste de México, Guatemala, Costa Rica, así como la parte del este de Ecuador y las regiones tropicales de tierras bajas de Colombia, el sudeste de Perú, además de la región central y oeste de Brasil se muestran como lugares potenciales de producción de palma aceitera.

En el caso boliviano (Figura 2), se muestra claramente que las regiones norte de los departamentos de Pando y La Paz, además de la parte sur de Beni, y una mínima área en Santa Cruz, se muestran como zonas con potencial climático de excelente idoneidad (área roja en el mapa) para el desarrollo de la palma aceitera, compartiendo esta zona de excelencia para la palma en los límites con Perú y Brasil.

Las zonas con excelente idoneidad climática para el desarrollo de la palma aceitera se encuentran principalmente en los departamentos de Pando, La Paz y Beni, sin embargo, estas zonas aptas, coinciden con áreas protegidas como el Manuripi en Pando, el área Isiboro-Securé y la Estación Biológica en Beni. El área protegida Madidi en La Paz podría limitar una implementación del cultivo de la palma para aprovechar la máxima capacidad productiva de esta especie. Complementariamente, existen otras áreas protegidas en el restante territorio nacional coincidente para producción de palma aceitera (áreas en naranja, amarillo, verde claro y verde oscuro), aunque no se muestran como las mejores zonas de adaptabilidad climática que la palma requiere.

**Figura 2.** Zonas de idoneidad climática en el Estado Plurinacional de Bolivia para palma aceitera (*Elaeis oleifera Kunth*)



Fuente: Elaboración propia

Considerando que el cultivo de la palma aceitera tiene un enfoque comercial, en las áreas rojas (Figura 2), potencialmente se podría esperar rendimientos de entre 18 a 20 t/ha o más, siempre y cuando se aseguren el estado adecuado de los suelos, la capacidad tecnológica de los productores, interés de cambiar de cultivos en sus sistemas, inversión en las parcelas, entre otros. En las zonas adecuada y regular (área naranja y amarilla, respectivamente) los rendimientos podrían ser reducidos hasta un 50% en comparación al área de excelencia, debido a la particularidad del clima entre estas zonas; esto es aún mucho más evidente en zonas marginales y muy marginales (verde claro y oscuro), donde los rendimientos serían

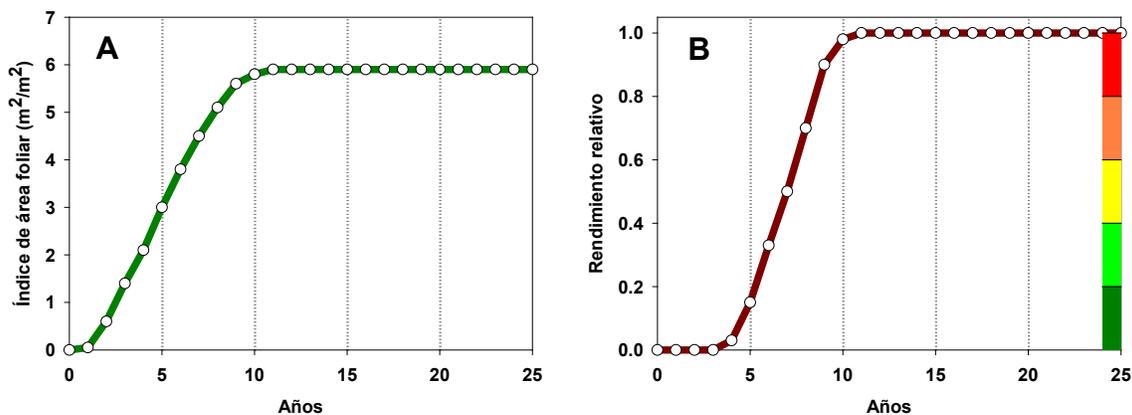
demasiado bajos como para ser materia prima suficiente para el caso de procesamiento industrial.

Cabe complementar que los departamentos de Oruro, Potosí, Cochabamba, Chuquisaca y Tarija no son adecuados (área blanca, Figura 2) para la adaptación de la palma aceitera en condiciones mínimas para su desarrollo y producción, particularmente si el enfoque es comercial.

Complementando al anterior análisis, el desarrollo vegetativo y productivo de la palma aceitera (Figura 3), toma al menos 10 años para que sus rendimientos sean los máximos, manteniendo esta capacidad hasta los 25 años (Xu et al., 2021). Así, durante los primeros 5 años, la planta prioriza el desarrollo de tallo y follaje, incrementando esta capacidad fotosintética hasta los 10 años (Figura 3.A); desde el quinto año, la producción del fruto empieza a ser importante, estos rendimientos van incrementando gradualmente hasta el décimo año, donde alcanza su madurez productiva, momento desde el cual sus rendimientos son los más elevados y con cierta estabilidad en función del tiempo y el clima (Figura 3.B). Cumplidos los 25 años de producción, se recomienda renovar la palma por manejo (palmas muy altas) y por qué los rendimientos pueden ir bajando debido a la senescencia gradual de la palma.

En la Figura 3, podemos ver las dinámicas de A: índice de área foliar ( $m^2/m^2$ ) y B: rendimiento estandarizado o rendimientos relativos en función del desarrollo de la palma en el tiempo y en base a la idoneidad climática donde será cultivada. El rendimiento absoluto en términos de cálculos, si es requerido, puede ser considerado en al menos 20 t/ha. Las figuras fueron reprocesadas a partir de Xu et al. (2021).

**Figura 3.** A: Índice de área foliar ( $m^2/m^2$ ) y B: rendimiento relativo de la palma aceitera (*Elaeis oleifera* Kunth) en función de su desarrollo en el tiempo y en condiciones climáticas favorables. En la derecha de la Figura 3.B, están las condiciones de idoneidad climática para la palma aceitera, descrita en la Figura 2



Fuente: Elaboración propia de la figura con base a información de Xu et al., (2021).

De la anterior figura, podemos concluir que dependiendo del momento de desarrollo en años y del lugar donde sea cultivada la palma oleífera (área roja de la Figura 3.B) será posible esperar rendimientos elevados y comercialmente esperados (desde las 20 t/ha), esto a partir del décimo año. Es importante mencionar que las condiciones de desarrollo y clima favorable son los factores determinantes en este caso estudiado, sin embargo, las condiciones de fertilidad física y química de suelos es fundamental para maximizar rendimientos, además del manejo integral del cultivo, la cosecha y la postcosecha.

### Otra alternativa investigada en la región

Según los investigadores Quiroga y Büttner (2021)<sup>6</sup> para producir biodiesel sin afectar el consumo humano como sucedería con la soya, girasol y otras oleaginosas, se sabe que la materia prima ideal en caso de elegir el Chaco boliviano serían los algarrobos aceiteros como la *Pongamia Pinnata* que tiene mejores rendimientos y permite el desarrollo paralelo de actividades de ganadería al soportar alto estrés hídrico y crecer en zonas secas cuyas características son las siguientes:

#### Algarrobo Aceitero (*Pongamia Pinnata*).

- Árbol generalmente de porte medio (10-15 m) y de amplia copa, con una vida productiva que suele prolongarse por encima de los 80 años.
- Se adapta y prospera en muchos tipos de suelos, suelos pobres e incluso salinos.
- Crece y se adapta en gran variedad de climas de regiones tropicales y subtropicales.
- Apenas requieren abonos nitrogenados por ser de las pocas especies arbóreas fijadoras de nitrógeno.
- Fija el nitrógeno mejorando el suelo.
- El cultivo es un gran generador de mano de obra
- Permite el cultivo entre árboles de diferentes variedades como ser pastos, soja, porotos, etc., aumentando la rentabilidad de la propiedad.
- En zonas de altas temperaturas constituye una cobertura para el ganado vacuno.
- Es ideal como dinamizador del desarrollo agro-pastoril y la ganadería.

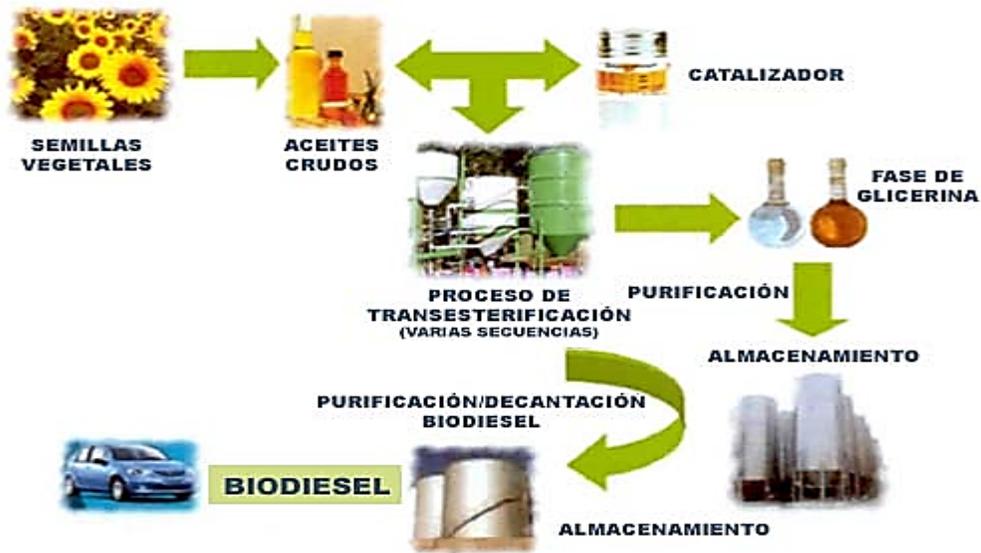
La industrialización de los algarrobos aceiteros se realiza mediante una planta industrial diseñada para este efecto, que es recomendable localizarla cerca de los plantíos, en este caso en el Gran Chaco boliviano, entendiéndose que similar experiencia se realizó en el Gran Chaco paraguayo, incluidas algunas especies nativas como “prosopis” o Totai.

Se realizará un proceso de conversión de biomasa en biocombustibles a través de procesos químicos o biológicos que implican la conversión de la biomasa en líquidos o gases que se pueden utilizar como combustibles.

---

<sup>6</sup> Jorge Quiroga y José Büttner hicieron esta presentación por videoconferencia sobre biocombustibles de segunda generación a dos Senadores, Dra. Virginia Velasco (Bolivia) y Dr. Enrique Escudero (Paraguay).

Figura 4. Proceso de industrialización del Biodiesel



Fuente: Atlas de biocombustibles líquidos, 2021 - 2022 (Torroba & Orozco, 2022).

Aquí surge un nuevo concepto inherente al Biocombustible obtenido que se denomina biocombustible de segunda generación producido a partir de materias primas no alimentarias. Estos biocombustibles son considerados más sostenibles que los de primera generación, ya que no compiten con la producción de alimentos y no requieren de la deforestación de nuevas áreas.

El proceso de producción de biocombustibles incluye fermentación, hidrólisis, gasificación, pirólisis y transesterificación. Cada proceso tiene sus propias ventajas y desventajas por lo que la elección del proceso dependerá de la materia prima utilizada y el tipo de biocombustible deseado.

El biodiesel tiene el siguiente proceso: “desde el punto de vista químico el biodiesel es una mezcla de los esteres metílicos de los ácidos grasos triglicéridos de los aceites vegetales y o grasas animales empleados como materia prima”. En Europa la materia prima fundamental es la colza, ya que es la oleaginosa existente más económica (Méndez, 2008).

Se ha identificado la zona del Gran Chaco donde no se produce nada, para sembrar la Pongamia (algarrobo aceitero adaptado a las condiciones climáticas del lugar) sin afectar otros rubros y por el contrario generar en paralelo la posibilidad de fomentar la actividad ganadera como sucede en Australia de donde proviene la especie sugerida. El referente más próximo es Paraguay que ya la introdujo hace cinco años la variedad en el Chaco Paraguayo y pronto pasará a la industrialización con inversionistas brasileiros (Grupo Investancia).

El Biodiesel puede llegar a ser sustituto real del Diesel partiendo inicialmente de una mezcla y posteriormente llegando a una sustitución completa, considerando (vía alternativa a coches eléctricos con mucho potencial futuro).

Producción de Biodiesel para satisfacer el mercado interno y los excedentes destinarlos a la exportación. En la actualidad, acorde a estadísticas recientes Bolivia se ha convertido en importador nato de Diésel, puesto que compra aproximadamente 350.000 Toneladas de Diesel anuales y con esta alternativa esta demanda podría abastecerse en 9 años y luego proceder a exportar los excedentes.

## Conclusiones

Gracias a la política de sustitución de importaciones de combustibles fósiles que se viene implementando en Bolivia en el marco de la Bioeconomía, la producción de biocombustibles pasó a jugar un rol preponderante, potenciando el desarrollo del Bioetanol derivado de la biomasa residual del sector azucarero, empero en el desarrollo de Biodiesel todavía resta mucho por hacer, para llegar a niveles de países líderes como Brasil y Colombia en América del Sur.

Si bien se comenzó a impulsar la alternativa de producir biodiesel de primera generación, considerando la palma aceitera impulsada por Colombia como la mejor opción, es aconsejable ver complementariamente la producción de biodiesel de segunda generación, que no compita con cultivos destinados a la producción de alimentos que Paraguay vino desarrollando desde hace más de 5 años.

En igual forma, toda la conceptualización que involucra la bioterritorialidad, variable desarrollada en el modelo de Bioeconomía Ande Amazónica, es imprescindible tomarla en cuenta, motivo por el que esta investigación propone un modelo matemático y geográfico que justifique la implementación de la palma aceitera en latitudes bolivianas.

La palma aceitera requiere condiciones climáticas favorables para alcanzar sus máximos rendimientos, a los que deben complementarse con buenas condiciones de suelo, debido a que la palma es altamente extractiva de nutrientes del substrato.

Las prácticas de manejo integral del cultivo (nutrición, sanidad y prácticas agronómicas) son fundamentales para lograr la cantidad y calidad de producto a cosechar, por lo que vale la pena considerar los resultados inherentes a la localización que se proponen en esta investigación.

El desarrollo del cultivo de la palma aceitera para alcanzar rendimientos máximos, toma alrededor de 10 años, por ello es importante planificar cuidadosamente los sitios a cultivar y las condiciones de manejo del cultivo y del producto para hacer rentable su implantación.

En el entendido que Bolivia cuenta con una región potencial como es el Chaco boliviano, como alternativa complementaria a las políticas de impulso a la producción de Biodiesel proveniente de la Palma Aceitera en las zonas investigadas, queda abierta la posibilidad de potenciar el cultivo de *Pongamia pinnata* u otros adecuados a condiciones del Chaco boliviano.

## Recomendaciones

En el caso de palma aceitera los lugares de adaptabilidad idónea, deben tener las características estudiadas en este trabajo, por lo que se recomienda que su plantío de preferencia se lo realice en el Norte boliviano, concretamente en el Departamento de Pando y partes específicas de los Departamentos de La Paz y Beni. En el caso de elegir otras zonas, es importante complementar este estudio a mayor profundidad con otras variables, considerando los mapas mostrados y las condiciones enunciadas, dado el tiempo prolongado de implementación de la producción de palma aceitera.

En el caso de considerar la *Pongamia pinnata*, hay evidencia en Paraguay y sería recomendable estudiar las condiciones e investigaciones que fueron desarrolladas en el Chaco (Centro Multidisciplinario de Investigaciones Tecnológicas (CEMIT) de Paraguay que investigó in situ, proyectos (desde la adaptación de la semilla hasta los árboles que hoy tienen). Se puso a punto los sistemas de multiplicación con sistemas que se adaptan a la zona árida del Chaco, así como la propagación y multiplicación de esta especie y el contenido de la materia prima o aceite. Finalmente, se circunscribieron a la recomendación de la FAO que no se utilicen aceites comestibles para la producción de Biodiesel, descartando el Tártago implementado en Argentina (lo que se conoce como Macororo en Bolivia) y la *Jatropha* en Ecuador, por problemas en la industrialización cuyos costos son elevados y no competitivos en la producción de Biodiesel.

En otros estudios complementarios a éste, se podría generar escenarios alternativos de factibilidad biológica y financiera con base en otras especies oleíferas nativas o introducidas, los que podrían fortalecer la estrategia nacional de producción de biocombustibles para el Estado boliviano.

## Referencias

- Arce Catacora, L. A. (2023). Un modelo económico justo y exitoso: La economía boliviana, 2006-2019 (J. Valenzuela, Ed.; 2da.Ed.). Fondo de Cultura Económica y Editorial del Estado Plurinacional de Bolivia.
- Bagnasco, A. (1999). *Tracce di comunità: Temi derivati da un concetto ingombrante* (1ra. Ed.). El Molino.
- Berastegui Barranco, C., Pablo Ortega Rodríguez, J., Mario Mendoza Fandiño, J., Enrique González Doria, Y., & David Gómez Vasquez, R. (2017). Elaboración de biocombustibles sólidos densificados a partir de tusa de maíz, bioaglomerante de yuca y carbón mineral del departamento de Córdoba. In *Revista chilena de ingeniería* (Vol. 25, Issue 4).
- Corley, R.H.V., and Tinker, P.B. (2015). *The Oil Palm*. Wiley online print. Print ISBN:9781405189392. Online ISBN:9781118953297. DOI:10.1002/9781118953297

- Dematteis, G., & Governa, F. (2005). Territorio y Territorialidad en el Desarrollo Local. La contribución del modelo Slot. *Boletín de La AGE*, 39, 31-53.
- FAO. (2023). Database of Crop Constraints and Characteristics, ECOCROP. Database on Line. <https://gaez.fao.org/pages/ecocrop>
- FAOSTAT. (2023). World Food and Agriculture - Statistical Yearbook 2023. In World Food and Agriculture - Statistical Yearbook 2023: Vols. 1st-Ed. (1st. Ed.). FAO. <https://doi.org/10.4060/cc8166en>
- Gil, C., Lujan, G., & Hermenegildo, R. (2022). Biocombustibles mediante residuos agroindustriales: por un mejor cuidado del medio ambiente del planeta. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(6), 1443-1468. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v5i6.1410](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i6.1410)
- Gómez, J. M. (2016). Analysis of the variation in the efficiency in the production of biofuels in Latin America. *Estudios Gerenciales*, 32(139), 120-126. <https://doi.org/10.1016/j.estger.2016.01.001>
- González, J., & Valero, E. (2011). Energía y desarrollo humano. Un acercamiento a los biocombustibles. *Revista Electrónica Intec*, 1(2), 66-84.
- Hijmans, R. J., Cameron, S. E., Parra, J. L., Jones, P. G., & Jarvis, A. (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 25(15), 1965-1978. <https://doi.org/10.1002/joc.1276>
- IBCE. (2020). Bolivia: Importaciones de Diésel. *Cifras IBCE*, 910, 1.
- IBCE. (2023). Comercio Exterior: Biocombustibles. *Comercio Exterior*, 31(306), 1-49. [www.ibce.org.bo](http://www.ibce.org.bo)
- López Ramírez, N. E., De los Santos Reyes, I., Jiménez Diaz, A. de J., & Palacios Silva, R. (2011). El biodiesel: la historia detrás de la moda. In *Biodiesel* (pp. 1-2).
- Méndez, E. (2008). *Perspectivas de Biocombustibles en Argentina [Tesis de grado en Ingeniería Industrial]*. Instituto Tecnológico de Buenos Aires.
- Ministerio de Hidrocarburos y Energías. (2022). *Informe de Gestión 2020 - 2021 Ministerio de Hidrocarburos y Energías*.
- Naciones Unidas/CEPAL. (2018). *Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible para America Latina y el Caribe*. Banco Interamericano de Desarrollo.
- Pistonesi, H., Nadal, G., Bravo, V., & Bouille, D. (2008). *Aporte de los biocombustibles a la sustentabilidad del desarrollo en américa latina y el caribe: elementos para la formulación de políticas públicas (1ra. Ed.)*. CEPAL - Colección Documentos de proyectos - GIZ.
- Quiroga, J., & Zaiduni, M. (2022). *La Economía de la Vida: La Bioeconomía Ande Amazónica (D. Valdivia Coria, Ed.; 1ra. Edición)*. Industrias Gráficas Inventados SRL. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.339617>

- Quiroga-Canaviri, J. L., & Menéndez-Gámiz, C. R. (2023). Desde la Bioeconomía de Georgescu-Roegen hasta la Bioeconomía andeamazónica. *C3-Bioeconomy Circular and Sustainable Bioeconomy*, 4, 25–54. <https://doi.org/10.21071/c3b.vi4>
- Ren, J., Tan, S., Dong, L., Mazzi, A., Scipionia, A., & Sovacool, B. K. (2014). Determining the life cycle energy efficiency of six biofuel systems in China: A Data Envelopment Analysis. *Bioresource Technology*, 162, 1–7.
- Tejada Tovar, C., Tejada Benítez, L., Villabona Ortíz, Á., & Monroy Rodríguez, L. (2013). Obtención de biodiesel a partir de diferentes tipos de grasa residual de origen animal. *Revista Luna Azul*, 36, 10–25.
- Teh, Ch., and See-Siang, Ch. (2018). Modelling crop growth and yield in palm oil cultivation. Chapter taken from: Rival, A. (ed.), *Achieving sustainable cultivation of oil palm Volume 1: Introduction, breeding and cultivation techniques*, Burleigh Dodds Science Publishing, Cambridge, UK, 2018, ISBN: 978 1 78676 104 0. <http://dx.doi.org/10.19103/AS.2017.0018.10>
- Torres, E., & Hernández, R. (2006). Producción de biogás a nivel laboratorio utilizando estiércol de cabras. *Acta Universitaria*, 16(2), 27–37.
- Torroba, A., & Orozco, R. (2022). Atlas de los biocombustibles líquidos 2021 - 2022. <http://www.iica.int>.
- USDA. (2023). Foreign Agriculture Services. International Production Assessment Division. USDA. <https://ipad.fas.usda.gov/cropexplorer/>
- Xu, Y., Ciais, P., Yu, L., Li, W., Chen, X., Zhang, H., Yue, C., Kanniah, K., Cracknell, A. P., and Gong, P. (2021). Oil palm modelling in the global land surface model ORCHIDEE-MICT, *Geosci. Model Dev.*, 14, 4573–4592, <https://doi.org/10.5194/gmd-14-4573-2021>, 2021