

Análisis de caso

Valorización de residuos de la industria forestal en Bolivia por la empresa Exomad Green

Lic. Ariel Horacio Rodríguez

Ciudad Autónoma de Buenos Aires - 2025



Resumen ejecutivo

América Latina posee importantes recursos forestales, concentrando una cuarta parte de los bosques globales y más de la mitad de las selvas tropicales. A pesar de esta riqueza, históricamente, la región ha enfrentado desafíos significativos en la gestión sostenible de residuos forestales, incluyendo prácticas como la quema abierta y abandono, que generan elevados impactos ambientales negativos.

En Bolivia, la industria maderera ha presentado dificultades históricas en la regulación efectiva del sector, con limitado aprovechamiento sostenible de los residuos generados por el aserrado. La promulgación del Instructivo IND-DGMBT No. 013-2022 por parte de la Autoridad de Bosques y Tierra (ABT) representó un hito crucial, permitiendo formalmente el aprovechamiento de estos residuos.

En este contexto, Exomad, empresa líder con más de diez años de trayectoria en la explotación forestal responsable en Bolivia, lanzó en 2023 su división especializada Exomad Green, enfocada en la producción de biochar mediante la técnica de pirólisis, proceso que transforma residuos forestales en carbón biológico estable y subproductos energéticos renovables, generando un sistema carbono negativo.

Su estrategia incluye la participación activa en mercados internacionales de carbono, firmando acuerdos históricos, como el contrato con Microsoft para la remoción de 1,24 millones de toneladas de CO₂ en diez años. La iniciativa tiene también un fuerte impacto social, beneficiando a comunidades indígenas y agricultores locales mediante la regeneración de suelos, fortaleciendo así la seguridad alimentaria y la resiliencia climática regional.

Finalmente, el caso Exomad Green ilustra la importancia crítica de la articulación público-privada respaldada por un marco regulatorio adecuado, confirmando que la innovación tecnológica y modelos de negocio de triple impacto son fundamentales para avanzar hacia un desarrollo sostenible efectivo en la región.

Tabla de contenido

Resumen ejecutivo.....	2
Introducción	4
Contexto	5
Situación de los recursos forestales en Latinoamérica	5
Foco en el caso de la industria Boliviana	5
Proceso de pirólisis y biochar	6
Análisis del caso de Exomad Green	8
Exomad, antecedentes	8
Exomad Green, salto a la innovación	8
Avance hacia la economía circular.....	9
Mercados de carbono. Presente y futuro.....	9
Beneficios sociales	9
Perspectivas a nivel global	10
Acuerdos de producción de biochar en India y EEUU	10
La oportunidad en la región y en Argentina.....	10
Conclusiones	12
Articulación Estado/Privado: La legislación como llave.	12
La innovación, una apuesta ganadora	12
Modelos de negocio de triple impacto.	12
Referencias	13

Introducción

El presente documento aborda el análisis de caso del tratamiento de los residuos forestales por parte de la empresa Exomad Green. Se explora una iniciativa innovadora que transforma restos de la industria maderera en biochar mediante el proceso de pirólisis, contribuyendo así a la sostenibilidad ambiental, social y económica. La estructura general del contenido incluye, inicialmente, una contextualización sobre la situación de los recursos forestales en América Latina y específicamente el tratamiento de sus residuos industriales en Bolivia, seguida por una explicación del proceso tecnológico implementado por Exomad Green.

Posteriormente, se analizan las perspectivas globales del biochar, revisando experiencias comparativas relevantes en India y Estados Unidos asociadas a la comercialización de bonos de remoción de carbono, y las oportunidades existentes en la región latinoamericana y Argentina.

La metodología utilizada para la elaboración del presente trabajo incluyó la revisión exhaustiva de literatura especializada, informes técnicos y documentación oficial de diversas instituciones y empresas involucradas directamente en el tema. Las instituciones y empresas facilitadoras del presente trabajo fueron la Autoridad de Bosques y Tierra (ABT, Bolivia), la Cámara Forestal de Bolivia, Exomad Green, Google, Microsoft, la Iniciativa Biochar Internacional y diversas fuentes académicas y de investigación referenciadas a lo largo del análisis.

Contexto

Situación de los recursos forestales en Latinoamérica

Alrededor de una cuarta parte de los bosques del mundo y más de la mitad de las selvas tropicales se encuentran en América Latina. Los bosques cubren la mitad del territorio de la región, y la superficie forestada per cápita es la más alta del mundo.

(miles de hectáreas)

Subregión	Zona forestada natural	Zona deforestada anualmente	Deforestación anual (% del total)
América Central y México	68.000	1.112	1,63
Caribe ^a	47.000	122	0,26
América del Sur	854.700	6.244	0,73
Total	969.700	7.478	0,77

^a Incluye Suriname, Guyana y la Guayana Francesa

Fuente: World Resources Institute (WRI), 1994.

Ilustración 1 - Área de bosque y tasa de deforestación en América Latina

La deforestación se define en términos generales como la conversión de tierras forestales a otros usos. En América Latina, la tala comercial y la recolección de leña generalmente no son causas directas de deforestación, aunque en el largo plazo pueden degradar seriamente los recursos forestales. Si bien la mayor parte de la leña, los productos no maderables y los beneficios ambientales proceden de zonas de bosque natural, más de la mitad de la madera industrial se produce en plantaciones. Las estimaciones regionales sobre la superficie de plantaciones forestales oscilan entre 8 millones y 11,1 millones de hectáreas.

Las plantaciones de mayor extensión se encuentran en Brasil, donde ocupan unos 7 millones de hectáreas, 4,1 millones de las cuales son bosques creados por el hombre y utilizables a nivel industrial. Chile tiene 1,6 millones de hectáreas de zonas reforestadas, prácticamente todas para fines industriales. Argentina tiene 0,7 millones de hectáreas; Venezuela, 0,5 millones; Cuba, 0,4 millones, y Perú 0,3 millones. Colombia, México y Uruguay tienen unos 0,2 millones de hectáreas cada uno. En todos los demás países de América Latina y el Caribe, la superficie reforestada es inferior a 100.000 hectáreas. Las estimaciones de la tasa anual de reforestación actual oscilan entre 386.000 y 520.000 hectáreas. (*Inter-American Development Bank, 2000*).

Foco en el caso de la industria Boliviana

Las zonas productoras de madera tropical en Bolivia son las reservas forestales de Guarayos, Bajo Paragúa y la región de la Gran Chiquitanía en Santa Cruz, la región de Ixiamas en el norte de La Paz, el norte amazónico en el departamento de Pando y parte del norte del departamento de Beni (*W. Pariona, 2012*).

Históricamente, los intentos de regular la extracción de recursos forestales en Bolivia han fracasado. Una ley forestal de 1974 otorgó amplios poderes regulatorios al Centro de

Desarrollo Forestal (CDF), incluyendo la administración de concesiones forestales, parques nacionales y reservas. En un momento dado, las autoridades forestales incluso prohibieron la exportación de madera en un intento por aumentar el procesamiento con valor agregado por parte de las industrias nacionales. Sin embargo, la infraestructura institucional del CDF era insuficiente para monitorear las concesiones forestales y hacer cumplir las regulaciones. La mayoría de las concesiones forestales talaban madera sin planes de manejo y prestaban poca atención a la gestión sostenible (*T. Fredericksen, 2003*).

La industria de la madera tiene su primer eslabón de la cadena productiva en la madera en rollo, troza o rolliza. El segundo eslabón corresponde a la madera aserrada producto del primer procesamiento de aserrado. El paso del estado madera en rollo a madera aserrada es clave para la industria maderera, pues de la eficiencia de la técnica aplicada para optimizar el uso de la troza depende la rentabilidad de esta primera operación. La relación entre el volumen de madera en troza y volumen de madera aserrada se llama rendimiento de aserrío, y el valor de este cociente se llama “coeficiente de aserrío” el cual es expresado en porcentaje.

El año 1996, con la promulgación de la nueva Ley Forestal 1700 el Estado Boliviano tuvo la necesidad de determinar un coeficiente de aserrío para el cálculo del volumen producido a partir de madera en troza por las diferentes industrias y usuarios forestales. En 1997, mediante Resolución Ministerial N° 134/97 se fija el coeficiente de aserrío en 55% (*Sandoval, 2012*).

La gestión de residuos forestales en este período fue limitada. La mayoría de los residuos generados por actividades de tala y agricultura eran quemados o abandonados en el lugar, contribuyendo a la emisión de gases de efecto invernadero y aumentando el riesgo de incendios forestales. Además, la falta de infraestructura adecuada y políticas específicas para el manejo de estos residuos impedía su aprovechamiento como recursos valiosos, como en la producción de compost o bioenergía. Esto empezó a cambiar con la aprobación del Instructivo IND-DGMBT No. 013-2022 de la Autoridad de Bosques y Tierra (ABT) en Bolivia, que legalizó el aprovechamiento de los residuos de aserrío (aserrín, viruta, orillos, etc.). A partir de esta normativa, las empresas pudieron reutilizar formalmente esos residuos en nuevos productos, en lugar de quemarlos. La Cámara Forestal de Bolivia impulsó este cambio para reducir el impacto ambiental y promover el uso integral del recurso forestal, evitando que los desechos de madera terminaran en hogueras (*Autoridad de Bosques y Tierra (ABT), 2022*).

Proceso de pirólisis y biochar

Cuando se somete a la biomasa a un proceso de descomposición térmica en ausencia de oxígeno se producen tres grandes fenómenos: Evaporación de humedad, transformación y volatilización de una fracción de la materia orgánica presente y carbonización de la fracción restante. Esta última fracción carbonosa recibe el nombre de Biochar o Biocabón al obtenerse a partir de biomasa residual. El proceso para su producción se denomina pirólisis.

Las prácticas sostenibles de producción de biochar también pueden generar subproductos combustibles, ofreciendo una fuente de energía limpia y renovable. La coproducción de biochar y bioenergía puede contribuir a combatir el cambio climático tanto al reemplazar el uso de combustibles fósiles como al secuestro de carbono en reservorios estables en el suelo, dado que el carbono presente en el biochar resiste la degradación. Cuando el

biochar se entierra como mejorador del suelo, el carbono puede quedar almacenado en la tierra durante cientos o incluso miles de años. Esta tecnología simple pero poderosa puede utilizarse para reducir las emisiones de carbono y crear un sistema “carbono negativo”.

Los combustibles fósiles son carbono positivos: agregan más dióxido de carbono (CO₂) y otros gases de efecto invernadero a la atmósfera, lo que agrava el calentamiento global. Los biocombustibles provenientes de residuos orgánicos son carbono neutrales: el carbono capturado en la biomasa mediante la fotosíntesis eventualmente volvería a la atmósfera a través de procesos naturales como la descomposición. En cambio, los sistemas sostenibles de biochar pueden ser carbono negativos, ya que transforman el carbono presente en la biomasa en estructuras de carbono estables en el tiempo, las cuales pueden permanecer secuestradas en el suelo durante cientos o incluso miles de años (Iniciativa Biochar Internacional, 2025).

El resultado es una reducción neta de CO₂ en la atmósfera, como se ilustra a continuación.

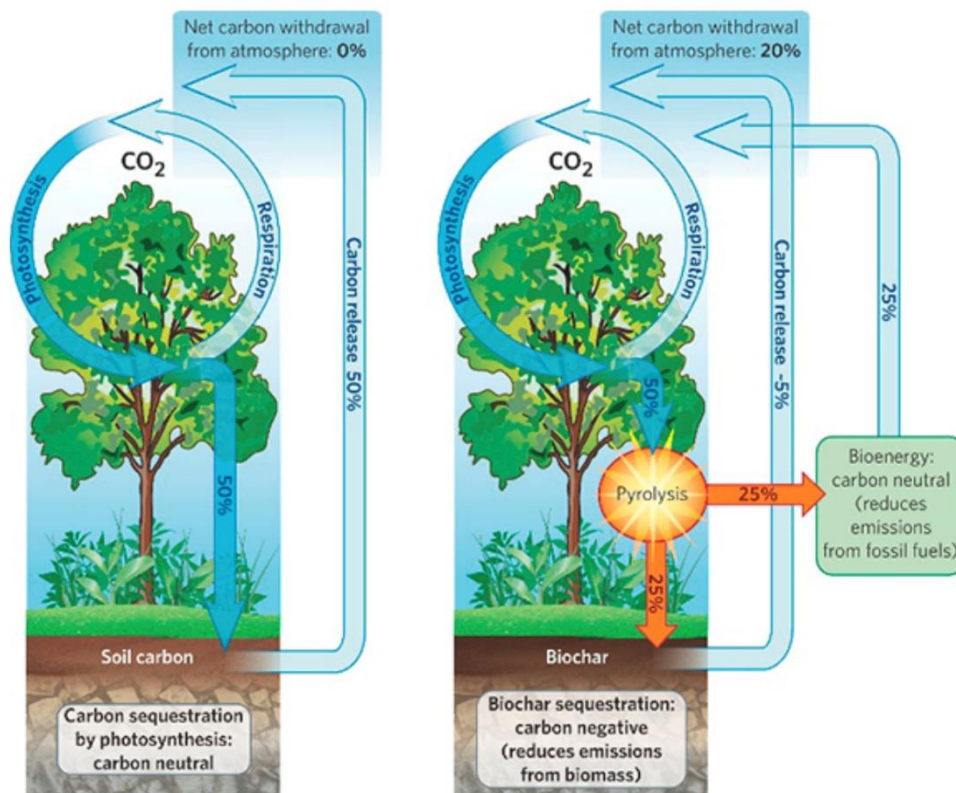


Ilustración 2 - Captura de CO₂ mediante producción de biochar

Más allá del carbono secuestrado en el biochar en sí, su incorporación en los suelos ofrece numerosos beneficios climáticos adicionales. Entre ellos:

- Fertilidad del Suelo

El biochar puede mejorar la fertilidad del suelo, lo que estimula el crecimiento de las plantas. Estas plantas consumen más CO₂, generando un efecto de retroalimentación positiva.

- Reducción del Uso de Fertilizantes Químicos

Gracias a sus propiedades, el biochar puede reducir la necesidad de fertilizantes químicos, disminuyendo así las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a su fabricación.

- Mejora de la Vida Microbiana del Suelo

El biochar puede incrementar la actividad microbiana en el suelo, lo cual favorece un mayor almacenamiento de carbono en el suelo.

- Reemplazo de Materiales con Alta Huella de Carbono

El biochar puede reemplazar materiales intensivos en carbono, como la turba en sustratos de cultivo o mezclarse con concreto, ofreciendo soluciones más sostenibles.

Análisis del caso de Exomad Green

Exomad, antecedentes

Exomad es una corporación internacional con operaciones en el mundo entero, desde África hasta Asia a través de Europa, América Central y del Sur. En Bolivia, cuenta con más de 10 años de experiencia en la industria forestal, focalizando su negocio en la extracción de maderas exóticas duras y semiduras de los bosques tropicales bolivianos. Constituye el mayor productor y exportador de láminas de alta calidad de Bolivia hacia el mundo, habiendo sido reconocido como Mayor exportador de madera aserrada en los años 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020 y 2021, Mayor exportador de láminas y tableros en los años 2014, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020 y 2021 y Mayor exportador de especies forestales en 2016, 2018 y 2020.

El proceso de trabajo del recurso forestal desarrollado por Exomad se explica por los pasos de selección, tala, extracción, preparación y posterior laminado o aserrado.

Todos los árboles talados por Exomad son preseleccionados por la ABT (entidad estatal encargada de asegurar la sostenibilidad de la industria maderera en Bolivia).

Los bosques de Exomad están divididos en secciones; las cuales son utilizadas cada dos décadas. Dentro de cada sección, los árboles son numerados, y aquellos que estén listos para la extracción son identificados por la ABT en un seguimiento anterior y posterior a su extracción. Todos los árboles cuentan con un código único, lo cual posibilita rastrear su ubicación original.

Una vez que Exomad ha completado la extracción, numerosos árboles son plantados para reforestar el área, el que será intocable por los próximos veinte años (*Exomad Bolivia, 2025*).

Exomad Green, salto a la innovación

Exomad Green es una división especializada de Exomad. Surge del interés de la empresa por mejorar la sostenibilidad de su cadena de suministros mediante diferentes formas de gestionar las grandes cantidades de residuos generados por su actividad.

Durante ese proceso, la empresa detecta y apuesta por el potencial del Biochar producido a partir de los restos de madera. Así, después de un año de planificación, en marzo de 2023, pone en marcha las operaciones de Exomad Green. Actualmente tiene dos plantas operativas en Concepción y Riberalta, con tres plantas adicionales en camino. Su crecimiento acelerado va en línea con sus objetivos de secuestrar 260.000 toneladas de

CO₂ anuales en 2025, y para 2027, elevar esa cifra a 1.000.000 de toneladas por año. (Exomad Green, 2025)

Avance hacia la economía circular

Un elemento central de las operaciones de Exomad Green es su sistema circular integral, que implica el reaprovechamiento de subproductos. Su materia prima principal (los restos de madera) son en sí el residuo de otro proceso productivo, pero adicionalmente aprovechan el gas de síntesis y el bioaceite—ambos subproductos generados durante la producción de biochar—para generar el calor necesario para los ciclos de pirólisis. De esa manera logran reducir residuos y avanzar hacia un proceso de economía circular.

Mercados de carbono. Presente y futuro.

Exomad Green es el principal productor mundial de biochar así como uno de los mayores actores de eliminación de dióxido de carbono (CO₂) y generadores de bonos de remoción de carbono, según datos de CDR.FYI y Puro.earth.

Hasta la fecha han certificado la remoción de 120.000 toneladas de CO₂ por año de la atmósfera. Este desempeño representa una contribución significativa a la mitigación del cambio climático a nivel global, consolidando su posición como líder en soluciones de captura de carbono basadas en la tierra.

En abril de 2025 Exomad Green firmó el acuerdo más grande de la historia del biochar con Microsoft, para la eliminación de 1,24 millones de toneladas de CO₂ en un período de 10 años. De esta manera, la empresa con sede en Bolivia agrega un valor económico indispensable a sus actividades con impacto ambiental positivo. La comercialización de bonos de carbono es el motor principal de la actividad de la empresa, dado que a la fecha no existe un mercado constituido que demande el biochar físico.

Este hito es una extensión de la relación previa entre Microsoft y Exomad Green, que ya incluía una serie de transacciones. La más reciente en diciembre de 2023, con la compra de 32.000 toneladas de créditos de remoción de carbono mediante biochar. (Carbonherald, 2025)

Beneficios sociales

Exomad Green contribuye a las comunidades indígenas y agricultores locales donando biochar, con el objetivo de mejorar la salud de sus suelos productivos. Esta práctica favorece la regeneración de suelos degradados por la agricultura intensiva o condiciones áridas.

Al mejorar la estructura y fertilidad del suelo, esta iniciativa no solo contribuye a la reducción de emisiones y al fortalecimiento de la salud ambiental, sino que también apoya la agricultura sostenible y la resiliencia climática en algunas de las regiones más vulnerables al cambio. Restaurando estas tierras, se busca reducir la necesidad de convertir nuevas áreas en tierras agrícolas, optimizando el uso de los espacios agrícolas ya existentes. Este enfoque corporativo contribuye además a mejorar la seguridad alimentaria y fortalecer el vínculo entre la acción climática y el empoderamiento local. (Exomad Green, 2025)

Perspectivas a nivel global

Acuerdos de producción de biochar en India y EEUU

En enero 2025, Google anunció dos acuerdos de compra a largo plazo para impulsar el uso del biocarbón como solución de eliminación de carbono. La producción de biochar a base de residuos forestales y su consiguiente generación de bonos de secuestro de carbono será ejecutada por las empresas Varaha (India) y Charm (EEUU). El acuerdo implica la obligación del gigante tecnológico de adquirir 100.000 toneladas de biocarbón para la eliminación de CO₂ de cada empresa para 2030.

Estos acuerdos permitirán la eliminación de 200.000 toneladas de carbono para ayudar a Google a alcanzar su objetivo de cero emisiones netas y ayudarán a catalizar la producción de biocarbón hacia una escala que pueda ayudar al planeta a mitigar el cambio climático. (*Google Keyword, 2025*)

La oportunidad en la región y en Argentina

Como se detalló en la etapa inicial de este análisis, América Latina posee grandes superficies dedicadas a la explotación forestal. Esto la posiciona de manera privilegiada frente a la posibilidad de liderar una producción de biochar que traccione la captura de CO₂ de la atmósfera e impulse la aplicación del biocarbón físico como mejorador de suelo en la agroindustria y como pieza complementaria en industrias pesadas como la del concreto o el asfalto. Este enfoque podría contribuir a saldar históricas inequidades ambientales y económicas entre países desarrollados de Europa o América del Norte y América Latina.

En el caso particular de Argentina, cuenta con una importante industria forestal en las provincias de Misiones, Corrientes y Mendoza. Sin embargo, si se extiende el proceso de producción de biochar hacia otras fuentes de biomasa, el potencial de captura de carbono por producción de biochar que tiene Argentina se multiplica varias veces. La soja y el maíz contribuyen cada uno con aproximadamente el 42 % del potencial total de biochar. Este impacto combinado del 84 % sobre las emisiones nacionales potencialmente compensables es importante de destacar, ya que los residuos de solo estos dos cultivos serían suficientes para posicionar a Argentina como el quinto país con mayor potencial absoluto de biochar (*ilustración 3*) y además como el número 3 a nivel mundial en cuanto a la contribución que el biochar podría hacer para reducir las emisiones netas de gases de efecto invernadero (GEI) del país (*ilustración 4*). (*Lefebvre, 2023*)

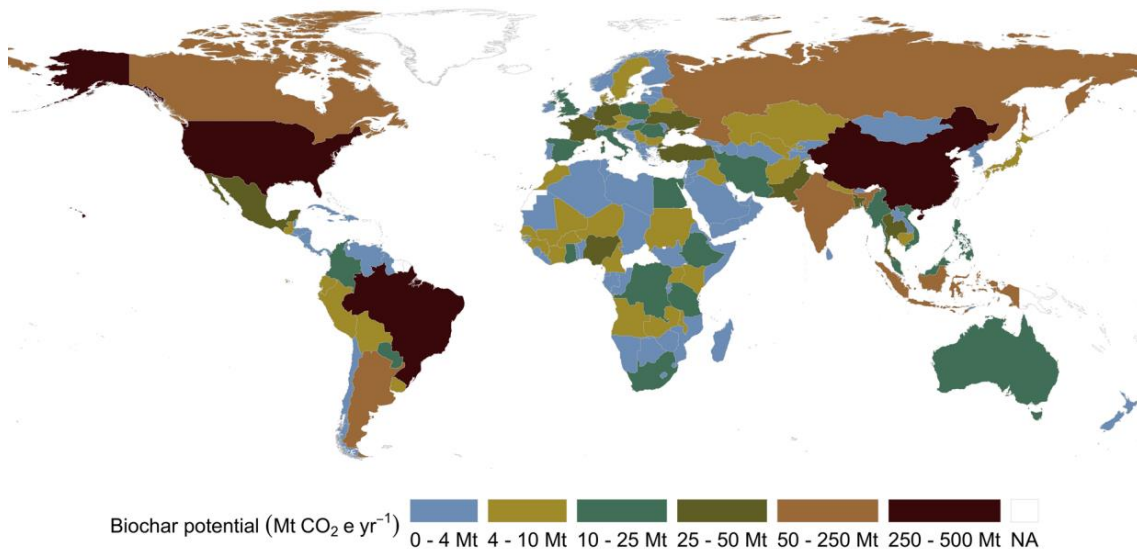


Ilustración 3 - Potencial absoluto de producción de biochar por país.

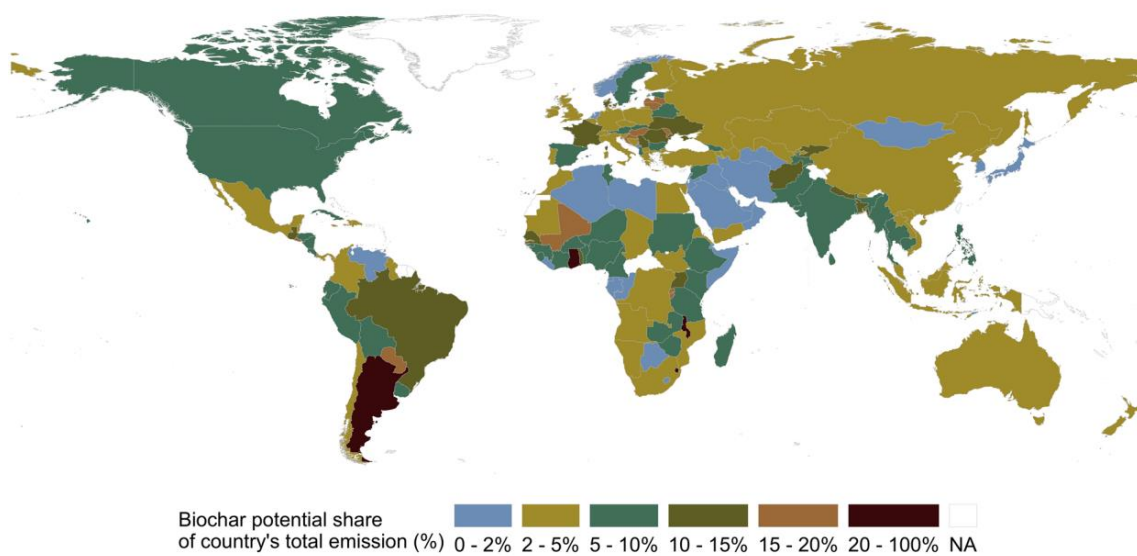


Ilustración 4 - Potencial de reducción de emisiones netas del país por producción de biochar.

Conclusiones

Articulación Estado/Privado: La legislación como llave.

La experiencia de Exomad Green evidencia claramente que el éxito de iniciativas innovadoras y sostenibles depende sustancialmente de la colaboración efectiva entre el sector público y privado, respaldada por una legislación adecuada y clara. La promulgación del Instructivo IND-DGMBT No. 013-2022 por parte de la Autoridad de Bosques y Tierra (ABT) en Bolivia facilitó el marco legal necesario para transformar los residuos forestales en recursos valiosos, sentando así las bases para una gestión sostenible que beneficia tanto al ambiente como a la economía local.

La innovación, una apuesta ganadora

El proyecto desarrollado por Exomad Green subraya el papel crucial de la innovación tecnológica y de procesos como motores del desarrollo sostenible. Mediante la adopción de la tecnología de pirólisis para la producción de biochar, la empresa ha logrado no solo mitigar problemas ambientales sino también posicionarse como líder global en la economía del carbono. La apuesta estratégica por la innovación ha resultado en beneficios significativos tanto a nivel ambiental como económico, demostrando que invertir en tecnologías sostenibles puede ser rentable y escalable.

Modelos de negocio de triple impacto.

El caso estudiado ejemplifica de manera contundente la eficacia y potencial de los modelos de negocio de triple impacto, los cuales consideran simultáneamente beneficios económicos, ambientales y sociales. Al integrar prácticas sostenibles en sus operaciones, contribuir activamente a la mitigación del cambio climático y apoyar directamente a las comunidades locales, Exomad Green establece un estándar elevado para futuros emprendimientos. Este enfoque no solo genera valor económico, sino que fortalece el tejido social y mejora la calidad ambiental, creando un ciclo virtuoso esencial para un desarrollo sostenible.

Referencias

- Autoridad de Bosques y Tierra (ABT). (2022). IND-DGMBT No. 013-2022. Bolivia.
- Carbonherald*. (2025). Obtenido de <https://carbonherald.com/exomad-green-microsoft-ink-the-largest-ever-biochar-deal-for-an-impressive-1-24m-tonnes/>
- Exomad Bolivia*. (2025). Obtenido de <https://www.exomad.com/es>
- Exomad Green*. (2025). Obtenido de <https://www.exomadgreen.com/>
- Google Keyword*. (Enero de 2025). Obtenido de <https://blog.google/feed/were-announcing-our-first-partnerships-to-scale-biochar-for-co2-removal/>
- Iniciativa Biochar Internacional*. (2025). Obtenido de <https://biochar-international.org/>
- Inter-American Development Bank. (2000). *Forest policy in Latin America*.
- Lefebvre, D. (2023). Biomass residue to carbon dioxide removal: quantifying the global impact of biochar. *Springer Open Journal*.
- Sandoval, E. (2012). *Rendimientos de aserrado de madera de especies tropicales de Bolivia*.
- T. Fredericksen, F. P. (2003). Sustainable Forestry in Bolivia. *Journal of Forestry*.
- W. Pariona, M. P.-C. (2012). *Documento Científico N° 1-2012*. Santa Cruz, Bolivia: Carrera de Ingeniería Forestal, UAGRM.