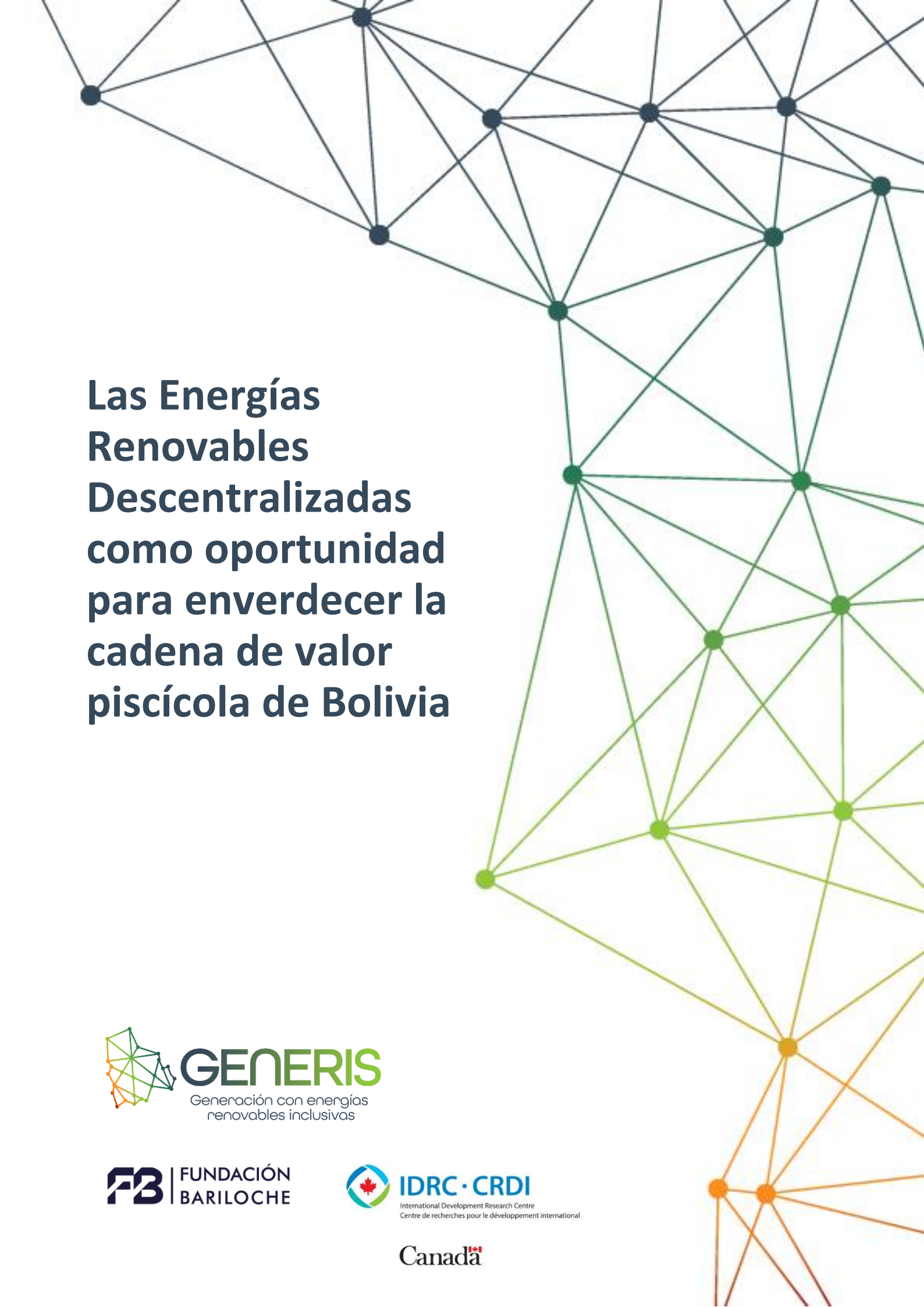




Las Energías Renovables Descentralizadas como oportunidad para enverdecer la cadena de valor piscícola de Bolivia



Las Energías Renovables Descentralizadas como oportunidad para enverdecer la cadena de valor piscícola de Bolivia¹

Autores:

M. Eugenia Castelao Caruana²; M. Eugenia Parma³; Jesica Sarmiento⁴; Miguel Fernández⁵

Resumen

Como resultado del trabajo de investigación realizado por [GENERIS](#), este documento explora el potencial de la incorporación de Sistemas de Generación de Energía Renovable Distribuidos (SGERD) en la cadena de valor de la piscicultura en Bolivia para mejorar el desempeño económico del sector y enverdecer sus actividades productivas, al mismo tiempo que aporta a las metas de las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC). La piscicultura en Bolivia es un sector en crecimiento que contribuye a la seguridad alimentaria y al desarrollo económico del país. Sin embargo, su expansión plantea desafíos ambientales, como la deforestación, la degradación de ecosistemas y la contaminación del agua. En este contexto, se analiza el concepto de "Cadena de Suministro Verde" como una transición de la producción con potencial de agregar valor a la piscicultura. Se identifican cuatro áreas clave para mejorar la sostenibilidad ambiental del sector: la gestión del uso de la tierra y del agua, la disposición de residuos y el uso productivo de la energía. Se profundiza en el bombeo de agua como un uso energético clave en la etapa de cría de peces y se exploran las oportunidades para la implementación de SGERD en esta actividad. Se destaca el potencial de los SGERD para reducir la dependencia de combustibles fósiles líquidos, disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero y mejorar la eficiencia energética y productiva del sector, además de su sostenibilidad ambiental. Además, se analiza la dimensión social y de género de la piscicultura en Bolivia, destacando el papel de las mujeres en la actividad y la importancia de su participación en la toma de decisiones.

¹ Esta investigación fue financiada por el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (IDRC) en el marco del proyecto Generis Bolivia, subvención N°110091-001. Sin embargo, las opiniones expresadas en este artículo son exclusivamente de los autores y no reflejan necesariamente la posición del IDRC.

² Fundación Bariloche- Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

³ Fundación Bariloche

⁴ Consultora independiente

⁵ IMMERSIVE SRL

Finalmente, según las prácticas actuales de oxigenación de los casos de estudio y de la evaluación económica se desprende que la inversión en SGEDRD es viable cuando la oxigenación semanal de los estanques requiere, al menos, 20 horas de bombeo de agua. Dadas las prácticas de producción actuales -3 horas semanales de oxigenación por estanque-, esto se corresponde con emprendimientos que poseen entre 6 y 7 estanques.

Key points

- En los últimos años, la piscicultura ha tenido una fuerte expansión en Bolivia, promoviendo el desarrollo rural y la participación activa de la mujer. Hoy se encuentra ante la oportunidad de enverdecer su cadena de valor.
- Los principales desafíos que enfrenta hoy la piscicultura en Bolivia son: promover el crecimiento de la demanda, mejorar la eficiencia del sector para ganar competitividad en el mercado interno y externo sin comprometer la calidad del producto y la sostenibilidad del proceso productivo. Esto requiere políticas públicas que faciliten el acceso a financiamiento, mejoren la infraestructura y fortalezcan la asistencia técnica al sector.
- La investigación realizada por [GENERIS](#) determinó que la instalación de SGERD es rentable para piscigranjas con entre 6 y 7 estanques que son oxigenados al menos 4 horas semanales.
- El costo de los equipos de generación de energía renovable representa el 50% de la inversión; el resto de la inversión se encuentra en: los cables que permiten trasladar la energía hasta los estanques, los equipos necesarios para usar la energía y el gasto logístico de trasladar los equipos y la mano de obra, además de su costo, hasta las áreas rurales. Esto último representa el 15% de los costos totales y responde exclusivamente al carácter rural de la instalación.
- Los SGERD flexibles y modulares son tecnologías que no solo pueden contribuir a disminuir el consumo de energía de origen fósil de la actividad piscícola sino también facilitar la incorporación de prácticas que mejoren su gestión del agua y de la tierra.

1. Introducción

La mitigación del cambio climático exige una reducción global de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) mediante la transición energética y la adopción de prácticas sostenibles. En este contexto, los países de América Latina y el Caribe han asumido compromisos significativos a través de sus Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC) y la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Muchos de estos objetivos se vinculan directamente con el sector agropecuario, abordando desafíos cruciales como la erradicación del hambre (ODS 2), la producción y el consumo responsables (ODS 12) y la conservación de los ecosistemas terrestres (ODS 15) (Jeremic, Matkovski & Zekic, 2024). Estos compromisos representan una oportunidad para impulsar el desarrollo de sistemas agroalimentarios sostenibles, basados en la gestión eficiente del agua y la tierra, así como en la generación de energía a partir de fuentes renovables.

El concepto de "Cadena de Suministro Verde" (Green Supply Chain) emerge como un marco clave para abordar estos desafíos. Aunque persiste cierta inconsistencia en las definiciones y la terminología (Petljak, 2019), la idea central es clara: la producción y distribución de alimentos deben minimizar su impacto ambiental. Esto implica integrar prácticas sostenibles en todas las etapas de la cadena de valor, desde la adquisición de insumos verdes y el diseño de productos ecológicos hasta la logística inversa (Jeremic, Matkovski & Zekic, 2024). De esta forma, la sostenibilidad ambiental se convierte en una responsabilidad compartida por todos los actores de la cadena.

En Bolivia, los sectores de producción y transformación de alimentos son fundamentales para el desarrollo económico y la seguridad alimentaria. Estos sectores, que aportan aproximadamente el 23% del PIB (2022)⁶, están compuestos principalmente por micro y pequeñas empresas (MIPES) urbanas⁷ y unidades de agricultura familiar rurales. Su producción se destina mayormente al mercado interno, lo que los convierte en un pilar de la soberanía

⁶ Agricultura, Ganadería, Silvicultura, Caza y Pesca representa el 13,9% del PIB pero a esto se suma actividades de transformación de estos recursos como el sector Alimentos (6,6%), Bebidas y Tabaco (2,3%), según datos de 2022 (Dirección General de Análisis Productivo, 2024).

⁷ Los datos de 2007 muestran que el 96% de las empresas urbanas dedicadas a la Elaboración de Productos Alimenticios y Bebidas eran MYPES. Estas generaban el 39% del empleo y el 5% del valor agregado del sector. En 2015, la participación de las MYPES en el sector había aumentado al 99%. Si bien no existe información actualizada sobre su participación en el empleo y el valor agregado, se sabe que el número de empresas ha crecido sostenidamente en estos años, logrando un crecimiento del 42% (SIIP Producción, 2025).

alimentaria y una fuente de ingresos crucial para numerosas familias propietarias y para muchas otras familias cuyos miembros son trabajadores eventuales.

Las NDC de Bolivia establecen el objetivo de alcanzar una potencia instalada de 2.514 MW de energías renovables para 2030, representando el 50% del sistema eléctrico nacional. Esto incluye la instalación de 37 MW en Sistemas de Generación de Energía Renovable Distribuidos (SGERD), como medida de adaptación y mitigación al cambio climático (Ministerio de Medio Ambiente y Agua, 2022; IRENA 2025). Los SGERD promueven la autonomía energética, mejoran el acceso a la electricidad en áreas rurales y reducen la dependencia de combustibles fósiles, contribuyendo así a la resiliencia de las comunidades vulnerables.

En este contexto, el presente informe explora el potencial de incorporar SGERD en la cadena de valor de la piscicultura en Bolivia, con el fin de contribuir a las metas de las NDC y mejorar el desempeño económico del sector. El objetivo es identificar oportunidades clave donde la adopción de SGERD pueda impulsar la transición hacia una cadena de valor verde, sin pretender realizar un análisis exhaustivo de todas las interrelaciones de la cadena.

Bolivia, con sus extensas cuencas hidrográficas, posee un gran potencial para la acuicultura (Mondaca, 2011). Desde hace varios años, la Academia Riquezas de Bolivia afirma que "la posición de la acuicultura en la economía de hoy no refleja el futuro, porque la producción acuícola será de creciente importancia, tomando en cuenta el descenso en los desembarques de la pesca de captura. El incremento de los precios del pescado indica un mercado con una oferta insuficiente para una demanda insatisfecha" (Arteaga Zambrana, 2017). Si bien los registros formales muestran que el sector de pesca y acuicultura representa menos del 1% del PIB y el consumo de pescado permanece bajo en comparación con otros países de la región (FAO, 2024), en el 2020, el volumen de negocio del pescado amazónico superó los Bs 148 millones anuales (unos USD 21 millones) por encima de la venta de cacao y café (Faunagua, 2020).

En los últimos años, la acuicultura ha experimentado un crecimiento significativo, superando a la pesca de captura en volumen de producción. La participación de la acuicultura en la oferta total de pescado aumentó del 8,8% en 2018 a casi el 50% en 2022 (Cai, 2024). Este crecimiento plantea desafíos en cuanto a la creación de mercados para ofrecer su producción e impulsar el consumo interno, que actualmente ronda los 3,5 kg por habitante, por debajo de la recomendación de la FAO (12 kg/hab).

El crecimiento proyectado de la piscicultura en Bolivia subraya la necesidad de un desarrollo sostenible, que minimice el impacto ambiental mediante la adopción de prácticas productivas responsables. En este contexto, GENERIS investiga el potencial de los SGERD para promover la sostenibilidad en las cadenas de suministro alimentarias, con un enfoque particular en los requerimientos energéticos de la piscicultura. Para ello, se ha realizado una exhaustiva revisión

de la información disponible sobre el sector en Bolivia, abarcando la organización de la cadena de suministro, la evolución de la producción, la distribución geográfica, y la demanda actual y potencial. Los estudios de Faunagua (2024) y Peces para la Vida (2018, 2024) han sido fuentes de información esenciales. Adicionalmente, se han realizado entrevistas a referentes del sector y a cuatro unidades productivas de la cuenca amazónica, con el fin de profundizar en los requerimientos energéticos y el rol de las mujeres en la actividad. El objetivo es identificar oportunidades para la implementación de SGERD que mejoren la eficacia, eficiencia y sostenibilidad (GENERIS, 2025) de los emprendimientos piscícolas en el país.

2. Greening the supply chain

El término "enverdecer la cadena de suministro" o "cadena de suministro verde" (Green Supply Chain) ha ganado relevancia en las últimas décadas para visibilizar un enfoque de gestión orientado a minimizar el impacto ambiental de todas las etapas involucradas en la producción, distribución y consumo de un producto o servicio (Seuring & Müller, 2008). Esto incluye incorporar la logística inversa como etapa final de la cadena para planificar y controlar el flujo eficiente y rentable de los productos terminados y la información relacionada desde el punto de consumo hasta el punto de origen para recuperar su valor o desecharlo adecuadamente (Guide & Van Wassenhove, 2002).

Una cadena de suministro verde está integrada por actores económicos que aplican prácticas productivas y tecnologías a sus procesos con el objetivo de minimizar el consumo de recursos materiales (agua, energía, materias primas) y la contaminación, buscando un equilibrio entre beneficios económicos, sociales y ambientales (Carter & Rogers, 2008). Existen debates respecto al nivel de análisis adecuado que requiere este término -por eslabón o cadena completa- (Zsidisin & Siferd, 2001) y las dimensiones que lo integran. La mayoría de las investigaciones se han centrado en segmentos específicos de la cadena, abogando por un enfoque integrador que, en la práctica, (Petljak, 2019) incluya tanto al ecosistema de empresas que producen insumos, equipos, productos y servicios como a las entidades públicas y privadas que regulan estas actividades productivas y sus mercados (Govindan & Hasanagic, 2018).

Las cadenas de suministro de alimentos se han ampliado en las últimas décadas, favorecidas por la globalización. Esto ha derivado en traslados cada vez más largos de los productos alimenticios -y sus múltiples insumos- desde su lugar de elaboración hasta su lugar de demanda, incrementando el consumo de recursos biológicos, como los peces y bosques y de recursos no biológicos, como el agua, los combustibles fósiles y el suelo. Esto ha generado desafíos ambientales significativos, incluyendo la pérdida de biodiversidad, el cambio climático y la contaminación del suelo y el agua. En respuesta, algunos países han establecido

regulaciones ambientales, al mismo tiempo que los consumidores han aumentado la demanda por productos sostenibles (Azevedo et al., 2012).

En la práctica, distintos términos ponen de relevancia prácticas, tecnologías y modelos de gestión que integran la noción de cadenas de suministro verdes: ecodiseño, economía circular, huella de carbono, agroecología, responsabilidad social corporativa, etc. La transición hacia esta forma de producción es innegable y necesaria, aunque también sumamente compleja, por lo que su difusión requiere de la colaboración de todos los actores involucrados, desde productores y consumidores hasta gobiernos y organizaciones sociales.

3. Organización de la cadena de producción piscícola

La piscicultura en Bolivia tiene sus raíces en la década de 1930, con la introducción de salmónidos en el lago Titicaca, en la cuenca del Altiplano y, tres décadas después, con la introducción de especies tropicales como la tilapia y la carpa en la cuenca del Amazonas (FAO, 2001). Sin embargo, no fue hasta la década de 2010 que la actividad comienza a tomar dinamismo con la cría de especies amazónicas en la región central del país,⁸ de la mano de asociaciones locales y organismos de cooperación internacional y un rol creciente del gobierno, a través del Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras y la IPD-PACU, a partir de 2014.

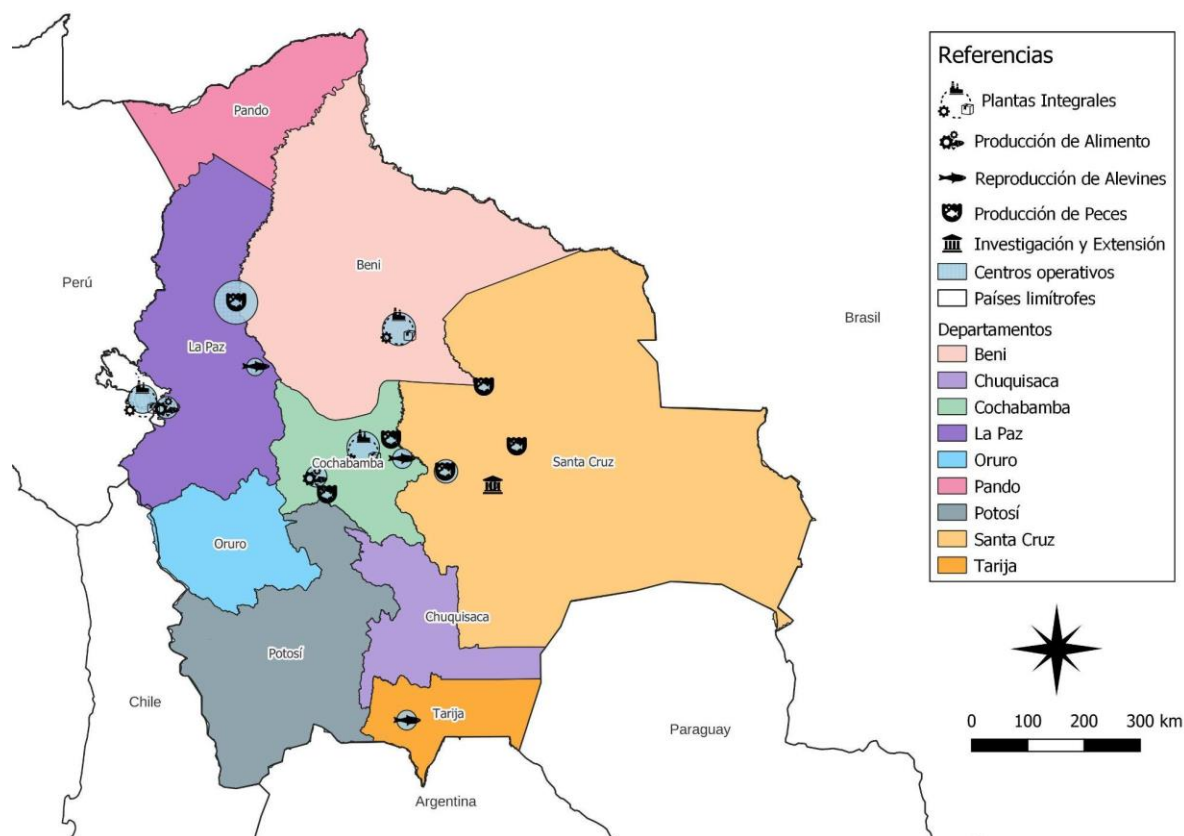
La producción piscícola involucra varios procesos productivos claves. El primero es la preparación del espacio de cría de los peces en jaulas flotantes sumergidas o en pozas excavadas e impermeabilizadas en la tierra (estanques). Otra actividad importante es la producción de alimento balanceado y la reproducción de alevines. Finalmente, se desarrolla la actividad de cría y engorde de los peces y su cosecha y faenado. En algunos casos, la carne de pescado es transformada en productos alimenticios de mayor valor agregado, pero por lo general es comercializada fresca en restaurantes y mercados.

Estas actividades se distribuyen, con diferentes grados de concentración, en las tres principales cuencas hidrográficas del país: Altiplano, Amazónica y del Plata (Mapa 1). La **Cuenca del Altiplano**, integrada por los departamentos de Oruro y parte de La Paz y Potosí, se caracteriza por la pesca y producción de trucha arcoiris (introducida) y concentra el 42% de la producción nacional de carne de pescado (IPD PACU, 2021). En la **Cuenca Amazónica**, formada por los departamentos de Pando, Beni, Cochabamba y parte de Santa Cruz, La Paz y Chuquisaca, se desarrolla la piscicultura tropical y se produce, en conjunto con la pesca, el 54% de la carne de pescado. Por último, la **Cuenca del Plata**, integrada por los departamentos de Tarija y parte de Santa Cruz, Chuquisaca y Potosí, participa con el 4% de la producción nacional de pescado

⁸ Área en torno a las tres grandes ciudades del país: La Paz, Cochabamba y Santa Cruz de la Sierra.

y su principal cultivo es la carpa, aunque existe un fuerte interés en introducir especies amazónicas (Peces para la vida, 2024).

Mapa 1. Distribución geográfica de la cadena de valor piscícola en Bolivia (2025)



Fuente: elaboración propia con datos de fuentes secundarias

3.1 Producción de alevines

La producción de alevines es el punto de partida de la cadena, incluyendo la selección genética, el manejo de los peces reproductores y la incubación de los huevos fecundados. Esta actividad es realizada por centros de producción y productores locales, con un papel importante de las instituciones públicas que realizan trabajo de extensión.

En este eslabón se destaca la planta Piscícola de la Empresa de Apoyo a la Producción de Alimentos (EMAPA), emplazada en el municipio de Chimoré, provincia de Chapare (Cochabamba), que produce alevines y alimento balanceado para el engorde de los peces. EMAPA se propone abastecer parte del mercado local con carne de tambaquí, pacú y surubí envasada al vacío, empaquetada y refrigerada (Agencia Boliviana de Información, 2024). Otras plantas de menor tamaño son el centro piscícola de Tiquina, ubicado en La Paz, con trayectoria en la cría de trucha, y el Centro Pedro Ignacio Muiba, dedicado a la producción de pacú en Beni, ambos gestionados por el IPD PACU. En el ámbito universitario se encuentran la estación

piscícola El Prado de la Universidad Autónoma Gabriel René Moreno, dedicada a la reproducción de alevines de carpa y tambaquí, y la estación Universitaria Pirahiba de la Universidad Mayor de San Simón, también dedicada a la reproducción de tambaquí.

Adicionalmente, existe otra planta dedicada a la producción de alevines de pacú y tambaquí en el municipio de Bolpebra (Pando) en construcción (con 20 % de avance en su obra en abril de 2024) con financiamiento público. En la misma condición, 23 % de avance de obra, se encuentra la Planta Piscícola de la Amazonia, emplazada en la región de San Bernardo del municipio de Rurrenabaque, provincia José Ballivian (Beni). Se dedica a la reproducción de alevines de paiche, la crianza y engorde de esta especie y de surubí y pacú, además del faenado y procesamiento de la carne para agregar valor a la producción (EMAPA, 2024).

Requerimiento energético: Para la oxigenación y filtrado del agua en las etapas de reproducción e incubación. Si bien su uso no es intensivo, el uso de energía eléctrica es indispensable para los equipos de aireación de las piscinas, también para el control de la temperatura del agua

3.2 Producción de alimento balanceado

En las zonas donde existe producción acuícola, también se han instalado plantas de elaboración de **alimento balanceado**. Tal es el caso de la planta en construcción sobre el lago Titicaca, en el municipio de San Pedro de Tiquina, La Paz. Los Centros Piscícolas pertenecientes a las Universidades, como así también los centros de apoyo a la producción del IPD PACU, son ejemplos de plantas integrales de investigación que cuentan con producción de alimento, laboratorios, cría y reproducción de alevines. Algunos de ellos son:

- Estación Universitaria Pirahiba de la Universidad Mayor de San Simón;
- Estación Piscícola El Prado de la U.A.G.R.M.;
- Estación Experimental MAUSA, de la organización HOYAM;
- Centro Piscícola Pedro Ignacio Muiba de la IPD PACU.

Según información brindada por expertos de la Organización No Gubernamental Peces Para la Vida (PPV) y bibliografía consultada, en la actualidad, la provisión de alimento o piensos para la producción de peces no representa una limitante para el crecimiento de la actividad. En los departamentos de Santa Cruz y Cochabamba, existen fábricas con maquinaria de punta y muy buenos estándares de calidad para producir alimentos. Este resultado se logró mediante la

iniciativa y el acompañamiento de organizaciones como PPV, y organismos de cooperación internacional entre los años 2015 y 2017.

3.3 Producción de peces

A nivel hidrográfico nacional, es posible distinguir tres cuencas las cuales definen el tipo de piscicultura según las especies:

Cuenca del Altiplano: la mayor producción de trucha en jaulas se concentra en los alrededores del lago Titicaca. Actualmente existe un proyecto de desarrollo industrial estatal en el municipio de San Pedro de Tiquina, con avances del 90% a diciembre de 2024, para proveer alevines, alimento balanceado, procesamiento de carne de trucha, como así también harina de pescado a partir de los desperdicios. Algunos piscicultores están realizando pruebas de cultivo de pejerrey (especie introducida) (FAO, 2023).

Cuenca Amazónica: existen distintos grados de desarrollo de la piscicultura tropical en los departamentos de Bolivia. En el eje troncal del país, principalmente en Cochabamba y Santa Cruz, se concentra entre el 80 % y 90 % de la producción nacional. Las especies mayormente producidas son el tambaquí, pacú, híbridos entre ambos, y en algunos casos híbridos con el pacú de la cuenca del plata (FAO, 2023).

Cuenca del Plata: es la cuenca con menor producción piscícola en términos relativos. Junto al proyecto Multipropósito San Jacinto se construyó la estación piscícola homónima con el objetivo de reproducir y sembrar carpa común en el embalse. En el año 2023, el gobierno de Tarija realizó tareas de mantenimiento para poner en actividad la estación. Según FAO (2023), los productores tienen interés en producir pacú del plata, pero no existe un proveedor permanente de alevines.

La **cría de peces** está distribuida a lo largo de las 3 cuencas mencionadas, sin embargo, la cría de especies amazónicas se concentra, principalmente en el eje troncal de las carreteras Cochabamba - Santa Cruz y Santa Cruz - Trinidad, en terrenos próximos a los caminos de acceso y a los centros poblados. Esta disposición podría responder a la necesidad de acceder fácilmente a insumos voluminosos, perecederos o de consumo frecuente, como el alimento balanceado, los alevines o la gasolina. El estudio realizado por Faunagua (2024) en 10 municipios de los departamentos de Cochabamba y Santa Cruz estima que existen unos 3.000 productores gestionando unos 21.000 estanques. A nivel nacional, se estima que son unas 7.000 familias involucradas en la cría de peces, lo que ha dado lugar a la producción de unas 24.000 toneladas de carne de pescado (Fortun, 2024). En la zona central del país, cada unidad productiva tiene, en promedio, 6 estanques y una producción de 0,92 kg por metro cuadrado

de estanque. A nivel nacional, este número oscila entre 0,38 y 1,67 kg/m², con una desviación estándar de 0,19 (Faunagua, 2024).

Requerimiento energético

Limpieza del predio mediante el uso de desmalezadoras. Manejo del cultivo: para la cría intensiva o semi-intensiva en estanques es necesario la utilización de oxigenadores. En esta etapa la utilización de la energía es constante. En la zona del trópico boliviano, en la cuenca Amazónica, para estanques de dimensiones promedio de 50 m x 20 m, los productores tienen como práctica común oxigenar las piscinas una vez por semana durante 3 horas aproximadamente, esta práctica debe realizarse como mínimo ocho meses al año, tiempo que dura la etapa de producción.

Según el estudio de Faunagua (2024), la mayoría de las unidades productivas dedicadas a la cría de peces poseen un modelo de organización familiar (82%), a diferencia de otros modelos de tipo multifamiliar, comunal o empresarial. En este modelo, la producción recae sobre los miembros de la familia, quienes son los encargados de mantener el predio, oxigenar y cuidar el agua de los estanques y alimentar y controlar el crecimiento de los peces. Bajo este modelo conviven unidades productivas para las cuales la piscicultura es una actividad económica relevante, a la que dedican buena parte de su tiempo de trabajo, con otras que la consideran una actividad complementaria. Las primeras destinan la mayor parte de su producción al mercado, aplican ciclos estables de producción que duran entre 8 y 12 meses -según la especie y el destino del pescado-, mantienen una alimentación diaria con raciones balanceadas y logran una producción anual aproximada de 0,8 kg de carne de pescado por m². Las unidades productivas que consideran la actividad como complementaria usan gran parte de los peces que producen para su consumo y tienen estanques pequeños que, en muchos casos, fueron contruidos por programas públicos.

3.4 Procesamiento post cosecha y comercialización

Cuando los peces han llegado al peso deseado se realiza la cosecha y, en el mismo momento, su faena. Bajo el modelo de organización familiar, esta tarea es realizada por los integrantes del hogar con apoyo de personal eventual contratado. Este procedimiento se realiza cuando el transporte, a cargo del comercializador, se hace presente en el predio con el hielo necesario para su conservación. Los peces son transportados en cajas de poliestireno expandido, *elgopor*, con hielo para su venta directa en restaurantes y mercados.

Además, dos plantas públicas estarán próximamente en condiciones de comprar pescado a los productores locales y regionales para su procesamiento y posterior comercialización. Una de ellas, ubicada en Tiquina, comercializará trucha y la otra, de mayor tamaño, ubicada en Chimoré (Cochabamba), comercializará especies tropicales.

3.5 Consumo final

El consumo de pescado proveniente de la acuicultura es principalmente en fresco y ocurre en los grandes centros poblados o ciudades más cercanas a los sitios de producción. En la zona del trópico⁹, en la Cuenca Amazónica, los restaurantes absorben el 65% de la producción local. Estos compradores junto con los supermercados utilizan, en general, canales formales de comercialización que aseguren su calidad (FAO, 2023). En la zona del Lago Titicaca, la producción de trucha tiene como destino el autoconsumo en un 30% y el resto se consume en los alrededores de la ciudad de La Paz. Los mercados locales están destinados al consumidor final y son espacios de venta de tipo informal. Allí son las mujeres quienes, por lo general, venden el pescado utilizando hielo para mantener su frescura.

En el año 2018, la demanda total de pescado a nivel nacional, según distintas fuentes, se encontraba por encima de las 32.000 toneladas por año. En el agregado, esto significa que el consumo per cápita anual de pescado estaba entre los 2,1 y 2,6 kgs, un valor muy lejano a los 12 kgs por habitante por año recomendados por la FAO. No obstante, el consumo de pescado es muy heterogéneo al interior del país, ya que allí donde se practica la pesca comercial o la piscicultura, este es la principal fuente de proteínas. La acuicultura ha crecido exponencialmente en los últimos tres años, impulsando el consumo per cápita a valores cercanos a los 3,5 kg anuales, y desplazando la oferta que aporta la pesca comercial al mercado. En 2018, la acuicultura sólo cubría el 8,8% de la demanda, la pesca comercial el 42% y la importación casi el 50% (Peces para la vida II, 2018). En el 2022, según datos de la FAO, la acuicultura representaba el 50 %, la pesca comercial el 18 % y las importaciones bajaron al 32%.

Estas cifras revelan dos desafíos principales. Primero, la significativa diferencia entre la demanda y la producción interna actual exige una estrategia para sostener el ritmo de crecimiento de la acuicultura observado en los últimos tres años. Aunque la variedad de peces locales podría no satisfacer todas las preferencias de los consumidores, el incremento en la producción, junto con campañas que destaquen las cualidades y usos de las especies locales, podría aumentar su aceptación en el mercado. Segundo, la concentración del consumo en las zonas de

⁹ Región ubicada en el departamento de Cochabamba, Bolivia con una superficie aproximada de 400.000 km². Ocupa casi el 60% de la superficie del departamento y abarca cinco municipios: Villa Tunari, Shinahota, Puerto Villarroel, Entre Ríos y Chimoré.

producción indica la existencia de obstáculos importantes, como deficiencias en infraestructura, logística, organización y factores ambientales, que dificultan la distribución del producto a los centros de consumo más distantes.

Adicionalmente, las exportaciones representan un canal de crecimiento potencial para el sector. A pesar de que el Sistema Integrado de Información Productiva (SIIP Bolivia) no registra exportaciones de carne de pescado en los últimos 15 años, la FAO reporta exportaciones por 500.000 dólares en 2022 (FAO, 2023). En contraste, las importaciones, principalmente de atún en conserva, alcanzaron los 14,5 millones de dólares en el mismo año, lo que representa una disminución del 65% en comparación con 2019 (Tabla 1).

Tabla 1. Evolución en la provisión de carne de pescado según sector

	2018*			2022**	
	Ton	%		Ton	%
Importaciones	17.161	49,1	Acuicultura	21.483	49,6
Pesca	12.033	34,5	Importaciones	14.000	32,3
comercial			Pesca	7.800	18
Acuicultura	3.068	8,8			
Pesca	2.663	7,6			
subsistencia					
TOTAL	34.925	100	TOTAL	43.283	100

Fuente: *Peces para la Vida II. ** Presentación Junning Cai, FAO. III Simposio Internacional de Piscicultura Tropical, 12 de diciembre de 2024, Bolivia. El valor de las importaciones se estimó de las gráficas de la presentación.

4. Dimensión social y de género de la actividad¹⁰

4.1 Inicios de la actividad y tareas

En la zona del trópico de Cochabamba, el eje troncal del país que atraviesa los departamentos de La Paz, Cochabamba y Santa Cruz, el crecimiento de la piscicultura durante la década de 2010 estuvo motorizado por la alta rentabilidad. En sus inicios, esta condición junto a otros factores, como la cercanía de los estanques al hogar -que permite compatibilizar las tareas de producción con las domésticas- y la percepción de que las labores piscícolas brindan tranquilidad y relajación¹⁰ promovió la participación de las mujeres. Al ser una actividad relativamente nueva en la región, los roles de género no estaban establecidos y esto facilitó

¹⁰ Información brindada por referentes del Proyecto *Peces para la vida. Empoderamiento y Sostenibilidad*. Verónica Hinojosa y Álvaro Céspedes Ramírez. Entrevista realizada el 22 de octubre de 2024.

un mayor involucramiento de las mujeres. En la actualidad, las mujeres se encargan de la alimentación de los peces (en esta tarea el 60 % son mujeres), especialmente cuando la piscina se encuentra cerca de la vivienda familiar, pero también participan en la cosecha, la faena y la comercialización.

4.2 Formación y capacitación

Históricamente, en la zona rural, la distribución de roles entre los miembros de la familia ha sido tal que la actividad productiva era realizada por hombres y las tareas reproductivas (como actividades domésticas y de cuidado) por las mujeres. Si bien la mujer realizaba tareas productivas en el ámbito doméstico, la participación en asociaciones, la realización de trámites o capacitaciones eran, en su mayoría, tareas protagonizadas por los hombres bajo el argumento de que las mujeres no podían descuidar sus tareas domésticas ni ausentarse del hogar por un período prolongado. En este contexto, el proyecto Peces para la Vida, con casi 10 años de continuidad en la región, ha promovido la participación y sobre todo la capacitación de mujeres en aspectos técnicos y en habilidades blandas, referidas a temas de liderazgo, capacidad en la toma de decisión, entre otros. En un inicio, la respuesta de las asociaciones y de la comunidad mostró cierta inercia y dificultad para identificar mujeres interesadas en capacitaciones y en involucrarse en la actividad. Sin embargo, gradualmente esto se superó, logrando que las capacitaciones en temas técnicos, de gestión, toma de decisión y liderazgo sean protagonizadas por mujeres en porcentajes que rondan el 90%. Este impulso complementa la labor que llevan adelante universidades públicas y centros de extensión, mediante cursos de formación y capacitación respectivamente.

4.3 Cargos formales y toma de decisión

La participación formal de las mujeres en los directorios de las asociaciones se estima en un 20%. Los referentes entrevistados señalan dos razones históricas que han contribuido a esta disparidad: la titularidad de la tierra y la vigencia de la documentación de identidad. Tradicionalmente, la afiliación formal a un sindicato requería acreditar la propiedad de la tierra. Aunque muchas parejas comparten la propiedad, los documentos suelen registrar solo el nombre del hombre, lo que se refleja en la inscripción de los miembros del sindicato. En cuanto a la documentación, si bien es menos relevante hoy en día, históricamente los hombres realizaban los trámites familiares en centros urbanos, lo que les permitía mantener su identificación vigente, a diferencia de las mujeres. A pesar de la existencia de centros de tramitación en la mayoría de los municipios, persiste la costumbre de que los hombres gestionen la personería jurídica.

Culturalmente, existe una tendencia a no reconocer formalmente las tareas de las mujeres en las asociaciones, a pesar de su participación activa y capacitación. Sin embargo, a medida que su reconocimiento aumenta, las mujeres comienzan a demandar su inclusión formal.

No obstante, esta demanda de reconocimiento enfrenta cierta reticencia y ambigüedad por parte de las propias mujeres, quienes temen que los roles formales impliquen una sobrecarga de tiempo que dificulte el cumplimiento de sus responsabilidades reproductivas, así como las expectativas de los demás miembros de la asociación.

4.4 Ingresos de dinero y uso por parte de las mujeres

Un estudio reciente de Oxfam, aún en fase de publicación, revela que el 30% de las mujeres encuestadas consideran que los ingresos generados por la piscicultura familiar son de su exclusiva disposición, mientras que el 70% restante prefiere decisiones consensuadas en familia. Este caso evidencia una transformación de las tradiciones históricas en dos aspectos clave: la participación formal de las mujeres en asociaciones y su capacidad para decidir sobre los ingresos de las actividades productivas familiares.

La promoción de la formación y participación femenina en la piscicultura ha generado numerosos testimonios de mujeres que, tras recibir capacitación, se han incorporado al ámbito laboral. Estas mujeres destacan que el conocimiento técnico y la autonomía económica fortalecen su autoestima, confianza y seguridad, lo que contribuye a su empoderamiento tanto en el hogar como en actividades productivas. Este proceso de desarrollo de capacidades técnicas y roles activos disminuye el temor de las mujeres a la participación formal, y al mismo tiempo, fomenta un cambio en la percepción social del rol de las mujeres en Bolivia, tanto para ellas mismas como para los hombres.

5. Enverdecer la producción piscícola

A partir de la revisión bibliográfica y la información primaria recopilada por GENERIS, se identifican cuatro áreas clave para mejorar la sostenibilidad ambiental de la cría de peces: la gestión del uso de la tierra y del agua, la disposición de residuos (restos de faena y lodos de estanques) y el uso productivo de la energía.

Hasta el momento, la expansión de la piscicultura en la región ha implicado la construcción de nuevos estanques en tierras de pastoreo y cultivo, pero también en bosques nativos y humedales (FAUNAGUA, 2024).¹¹ Esta tendencia puede acelerar cambios en el uso del suelo que lleven a la deforestación y degradación de algunos ecosistemas si el crecimiento se basa únicamente en la construcción de nuevos estanques. El crecimiento de la producción también puede llevar a un mayor consumo de las aguas superficiales y subterráneas para llenar u

¹¹ El estudio de Faunagua (2024) muestra que 29% de los estanques fueron construidos en espacios donde antes había bosque natural y el 22% se construyó transformando humedales naturales en áreas de producción agrícola, incluida la producción piscícola.

oxigenar los estanques, lo que podría afectar su caudal. A esto se podría sumar un mayor volumen de lodos desechados en los cursos de agua luego de cada ciclo productivo, afectando su calidad y alterando los ecosistemas y la biodiversidad regional (FAUNAGUA, 2024). No obstante, es posible evitar estos impactos realizando un uso más intensivo y eficiente de los estanques existentes.

Por último, el bombeo de agua es uno de los principales usos productivos de la energía que tiene este eslabón, tanto para llenar o reponer el agua de los estanques como para oxigenarlos. Esta actividad condiciona la organización del trabajo, pero también la productividad de los estanques y, por lo tanto, su impacto en el medioambiente. Aunque algunas unidades productivas utilizan electricidad o bombas eólicas, el uso predominante de gasolina conlleva riesgos significativos. Además de generar mayores emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con la electricidad de la red¹², la manipulación cotidiana de gasolina aumenta el riesgo de derrames, con potenciales consecuencias negativas para el suelo y el agua.

5.1 El bombeo de agua como uso energético clave

Según la encuesta realizada por Faunagua (2024) en la región del trópico, el bombeo de agua es una práctica demandante de energía generalizada entre las unidades productivas dedicadas a la cría de peces. Por un lado, casi la mitad de estas unidades productivas (49%) bombea agua subterránea o extraída de ríos o arroyos para llenar los estanques. Aquellas que dependen del agua de lluvia (35%) complementan este recurso bombeando agua de otros estanques sin peces para compensar la evapotranspiración. Además, el 50% de las unidades productivas en el trópico renueva el agua de sus estanques en cada ciclo productivo, que dura entre 10 y 12 meses.

Otra tarea esencial, asociada al bombeo de agua, es la oxigenación de los estanques, que implica remover el agua para aumentar su contacto con el aire y, por ende, su contenido de oxígeno. Esta práctica se realiza mediante motobombas u oxigenadores eléctricos. La frecuencia e intensidad varían según la unidad productiva, pero la oxigenación diaria durante al menos dos horas es considerada una buena práctica. Estudios preliminares sugieren que esta práctica acelera el crecimiento de los peces y mejora la calidad de la carne (CEPAC, 2017). Esto permitiría intensificar la producción de cada unidad productiva sin aumentar el número de estanques. Asimismo, una mayor oxigenación reduce la producción de lodos, disminuyendo la necesidad

¹² La matriz eléctrica de Bolivia basa el 63% de su producción en el consumo de combustibles fósiles: gas natural (61%) y diesel (2%) ([GENERIS, 2025](#)).

de su extracción y disposición. Además, si se utilizan equipos que remueven el agua de los estanques, se evita la necesidad de agua adicional para oxigenar.

En general, las unidades productivas de cría de peces se ubican en predios familiares con acceso a la red eléctrica. Sin embargo, el bombeo de agua se realiza predominantemente con gasolina, mientras que el uso de electricidad y bombas eólicas (un sistema de alimentación permanente con rebalse continuo de agua) es limitado (Faunagua, 2024). Esta preferencia por la gasolina se debe a que la infraestructura eléctrica está diseñada para el consumo doméstico y no se extiende a las áreas productivas. Además, la tarifa residencial es más elevada que la industrial y el gasto en electricidad aumentaría significativamente con un mayor consumo, debido a cambios en la categoría tarifaria.

A pesar de la preferencia por la gasolina, su acceso presenta desafíos para las unidades productivas debido a que se trata de un bien importado con un peso significativo en la balanza comercial ([GENERIS, 2025](#)). Las regulaciones nacionales¹³, destinadas a controlar su comercialización, han restringido su acceso al volumen necesario en el mercado formal, lo que afecta su producción y aumenta sus costos. El sistema actual exige que cada familia productora se registre oficialmente, pagando 30 Bs, para acceder a 80 litros mensuales de gasolina a un precio subsidiado de 3,74 Bs/litro. El combustible adicional se adquiere en el mercado informal, a precios que duplican o triplican el valor oficial.

En este contexto, los Sistemas de Generación de Energía Renovable Distribuidos (SGERD) emergen como una solución que aporta a la eficacia, eficiencia y sostenibilidad de la producción piscícola (GENERIS, 2025) porque mejoran el acceso a la energía a un menor costo y se adaptan a la demanda específica de cada unidad productiva. Los SGERD pueden implementarse de dos maneras: conectados a la red eléctrica bajo el modelo de generación distribuida, o aislados de la red.

La generación distribuida, regulada por los Decretos Supremos n° 4477 de 2021 y las modificaciones introducidas por el Decreto Supremo n° 5167 de 2024¹⁴, permite la inyección de excedentes de energía a la red y la compensación mediante medición neta a lo largo del tiempo, evitando así incrementos en la facturación eléctrica y "almacenando" la electricidad

¹³ El Decreto Supremo 28511 de 2005 y sus modificatorias, como el Decreto Supremo 4910.

¹⁴ El [Decreto Supremo N° 4477](#), de 24 de marzo de 2021, dispone las condiciones generales para normar la actividad de Generación Distribuida en los sistemas de distribución de energía eléctrica; y determina la retribución por la energía eléctrica inyectada a la Red de Distribución por la actividad de Generación Distribuida. El Decreto Supremo N° 5167 modifica la clasificación de potencia instalada para la generación distribuida y el mecanismo de retribución de la energía inyectada a la red (<https://www.lexivox.org/norms/BO-DS-N5167.xhtml>)

excedente. Este modelo es ideal para desacoplar el consumo energético de las horas de mayor radiación solar, como podría ocurrir con la oxigenación matutina de los estanques en los meses de invierno. Este sistema opera sin baterías, utilizando la red como almacenamiento de energía y requiriendo un medidor bidireccional para registrar los flujos de energía.

En contraste, los SGERD aislados de la red que operan sin baterías requieren adaptar las prácticas productivas, como la oxigenación, a las horas de radiación solar. Aunque esto implica una modificación en la organización del trabajo, ofrece la ventaja de la autonomía energética en áreas remotas o con acceso limitado a la red.

En ambos casos, los SGERD ofrecen beneficios significativos: reducción de costos, disminución de la dependencia de combustibles fósiles, modularidad y flexibilidad para adaptarse a las necesidades de cada unidad, estandarización para facilitar la comercialización y financiamiento, y una producción más amigable con el medio ambiente, lo que podría facilitar la obtención de certificaciones de producción verde. La elección entre la conexión a la red y el sistema aislado dependerá de las condiciones específicas de cada unidad productiva y sus prioridades.

5.2 Modelización de la viabilidad económica de los SGERD

Para evaluar la viabilidad económica de los SGERD como alternativa al uso de gasolina en la producción piscícola, se propone analizar un caso típico de una unidad productiva familiar con 14 estanques. Actualmente, la oxigenación de los estanques se realiza mediante motobombas de 1,5 hp de potencia, que consumen un litro de gasolina por hora de funcionamiento según especificaciones técnicas (Figura 1). Las prácticas locales muestran que cada estanque se oxigena una vez por semana durante 3 horas, a lo largo del ciclo de crecimiento de los peces (unos 10 meses). Entre la cosecha y el inicio de la producción de un nuevo lote puede haber varias semanas de inactividad. Esto implica un gasto anual en gasolina de Bs 11.858 (USD 1.716)¹⁵, exclusivamente para la oxigenación de los estanques. Este valor se estima considerando que los productores compren 80 litros mensuales de gasolina al precio oficial de 3,74 Bs/litro y el resto de la gasolina requerida la adquieren en el mercado informal a un precio de 8,65 Bs/litro, según datos de noviembre de 2024.

¹⁵ Según tipo de cambio de 6,91 vigente al momento de la adquisición e instalación de los SGERD en las unidades productivas seleccionadas.

Figura 1. Oxigenación de estanque con motobomba. Villa Tunaris, Cochabamba, Bolivia



La propuesta alternativa plantea reemplazar las motobombas por dos oxigenadores eléctricos alimentados por un sistema fotovoltaico de 2,4 kW (compuesto por paneles solares e inversor), que satisface los requerimientos energéticos diarios que actualmente tiene esta unidad productiva tipo. Para implementar este sistema, es necesario extender la red eléctrica desde la vivienda del productor hasta cada estanque para que este pueda conectar el oxigenador. En el caso propuesto, la extensión total de la red eléctrica sería de 750 metros lineales, lo que incluye aisladores y enchufes.

La inversión inicial requerida para instalar y poner en uso este SGERD es de Bs 50.587 (USD 7.321; Tabla 2) y su costo estimado de mantenimiento anual es de Bs 700 (aproximadamente \$100 USD), lo que incluye esencialmente el costo de dos días de trabajo de dos personas y su transporte hasta el sitio de instalación. El costo de mantenimiento del oxigenador se asume equivalente al de las motobombas actualmente utilizadas por el productor, por lo que no son incluidas en el flujo de fondos.

La distribución de los costos refleja que el equipo central del SGERD, compuesto por los paneles solares y el inversor, representa el 50% de la inversión total. Por su parte, los equipos e insumos complementarios -cableado interno y equipo de oxigenación- contribuyen con un 35% de los costos. Finalmente, la instalación y supervisión constituyen el 15% del gasto total. Este gasto responde al costo de instalación y supervisión en un área rural a 4 horas de distancia de una ciudad capital, pero en zonas rurales más alejadas este costo podría duplicarse.

Tabla 2. Distribución de los costos de inversión de un SGERD solar fotovoltaico (2 kW).
Año 2024

Costos	Bs.	USD	%
Costo paneles solares	20.261	2.932	40
Costo inversor	5.162	747	10
Costo equipo de oxigenación	9.940	1.438	20
Costo red interna	7.690	1.113	15
Costo Instalación y supervisión	7.534	1.090	15
Total	50.587	7.321	100

Fuente: elaboración propia

A partir de estos datos, se puede estimar la rentabilidad de un sistema fotovoltaico diseñado para sustituir el consumo de gasolina en la oxigenación de 14 estanques durante 3 horas semanales, sin contemplar financiamiento. En este análisis, el beneficio proviene exclusivamente del costo evitado en la compra de gasolina, asumiendo que las prácticas de producción, como las horas de oxigenación, permanecen constantes al incorporar el SGERD.

Los resultados de esta estimación indican que el proyecto alcanzaría una Tasa Interna de Retorno (TIR) de 28%, un Valor Actual Neto (VAN) de 43.323,4 Bs (6.270 USD) utilizando una tasa de descuento del 6% (equivalente a la rentabilidad de un plazo fijo). Por otro lado, si el proyecto fuera financiado a un costo financiero total del 10% durante un plazo de 5 años¹⁶, la rentabilidad del proyecto mejoraría significativamente con una TIR del 34% y un VAN de 48.192 Bs (6.974 USD). Estos resultados refuerzan la viabilidad económica del SGERD, en este caso solar fotovoltaico, como alternativa al consumo de gasolina.

Adicionalmente, para evaluar la sensibilidad de este flujo de fondos, se plantean dos escenarios adicionales y alternativos de oxigenación: uno de Alta oxigenación (7 horas a la semana por estanque) y otro de Baja oxigenación (1,5 horas a la semana por estanque). Los principales datos del gasto en gasolina y del costo del SGERD se muestran a continuación (Tabla 3).

Para un escenario de oxigenación Bajo el gasto mensual en gasolina sería de Bs 396,5, consumiendo cerca de 12 litros de gasolina fuera del cupo oficial por un valor de Bs 8,65. Esto

¹⁶ Según características del programa de créditos "Ecoeficiencia" del Banco de Desarrollo Productivo (<https://productos.bdp.com.bo/ecoefficienciabdp/>)

suponiendo que el cupo oficial de gasolina de 80 litros por mes es destinado exclusivamente a este uso. Si se emplea un SGERD, la inversión inicial en equipos e instalación sería de Bs 38.088 (USD 5.512). Considerando un gasto anual en operación y mantenimiento de Bs 700, la TIR sería del 3% y el VAN de Bs -6.385. En este contexto, el acceso a financiamiento no mejoraría la situación, a menos que se ofrezca a una tasa menor al 3% anual (Tabla 4).

Tabla 3. Consumo de gasolina y costos de instalación de SGERD según escenarios

Escenarios	Consumo de Gasolina			Sistema de Generación Distribuida		
	Litros/mes	Bs./mes	Bs./año	Módulos ¹⁷	Potencia (kW)	Inversión Bs.
Alto	425,8	3.290,6	32.906,6	10	4,8	92.139
Medio	182,5	1.185,8	11.858,2	5	2,4	50.587
Bajo	91,2	396,5	3.965,1	3	1,4	38.088

Fuente: elaboración propia

Para un escenario de Alta oxigenación (7 horas por estanque por semana), el gasto mensual en gasolina supera los 3.000 Bs. En este caso, el SGERD debería incrementar la cantidad de módulos (4,8 kW) y duplicar el número de inversores (2) a fin de abastecer la demanda de energía de los equipos de oxigenación (4). Esto representa una inversión total de Bs 92.139 (USD 13.334). Al comparar el consumo en gasolina con esta inversión, la TIR es del 54% y el VAN de Bs 177.456. Si se accede a financiamiento, como el crédito Ecoeficiencia del BDP que ofrece una tasa de interés anual del 10% para Microempresas, la rentabilidad esperada (TIR) mejora notablemente al 89% y el VAN sería de Bs 193.743 (Tabla 4).

¹⁷ El cálculo se basó en la aplicación de paneles de 480 Wp, marca Jinko Solar.

Tabla 4: Indicadores de rentabilidad (TIR y Payback) de instalar SGERD con y sin financiamiento según escenarios de oxigenación

Escenarios	Sin financiamiento		Con Financiamiento	
	TIR	Payback (año)	TIR	Payback (año)
Bajo	4%	14	-66%	no cumple
Medio	28%	5	34%	6
Alto	43%	4	64%	2

Fuente: elaboración propia

Por último, es probable que la potencia de los SGERD instalados supere los requerimientos energéticos de las prácticas de producción actuales, por lo que sería posible ampliar el consumo de energía de la unidad productiva, especialmente en los días de mayor radiación solar. Esto permitiría oxigenar durante más tiempo los estanques y hacer un uso más intensivo del SGERD, mejorando la rentabilidad de la inversión y el desempeño económico y ambiental de los emprendimientos piscícolas, ya que esto podría aumentar la calidad del agua, el crecimiento de los peces y la calidad de la carne, y disminuir la acumulación de lodos.

6. Algunas reflexiones

La mitigación del cambio climático exige una transformación profunda de nuestros sistemas productivos, impulsando la transición energética y la adopción de prácticas sostenibles. Este informe explora el potencial de los Sistemas de Generación de Energía Renovable Distribuidos (SGERD) como catalizadores para enverdecer la cadena de suministro de la piscicultura y contribuir al crecimiento del sector y a las metas de las NDC de Bolivia.

La piscicultura boliviana se extiende a lo largo de sus tres cuencas hidrográficas con una variedad de especies y prácticas productivas adaptadas a sus particularidades. La actividad se caracteriza por el predominio de un modelo de organización familiar, que se divide entre aquellas unidades productivas que consideran la actividad como relevante de otras que la consideran complementaria, pero en el agregado se estima que alcanza a unos 7.000 emprendimientos. La producción piscícola ha crecido significativamente en los últimos años, impulsada por organizaciones locales e internacionales y, más recientemente, por el gobierno nacional, pero se espera que continúe creciendo traccionada por el mercado doméstico.

No obstante, un crecimiento sostenido de la producción piscícola demanda la evolución hacia prácticas productivas que integren dimensiones sociales, económicas y ambientales. Por un lado, la promoción de la participación activa de las mujeres en todos los eslabones de la cadena, a través del apoyo de las organizaciones que acompañan al sector, incluidas las asociaciones de productores, es fundamental para construir un sector más inclusivo y justo. Por otro lado, la expansión de la producción debe ir de la mano de la rentabilidad y la sostenibilidad ambiental, evitando la degradación de ecosistemas sensibles y la sobreexplotación de recursos naturales.

La gestión integrada del agua, el suelo y los residuos, junto con la optimización de los requerimientos energéticos, configuran un escenario propicio para la implementación de SGERD como motores de un desarrollo sostenible y equitativo. La cría de peces, con su demanda continua y prolongada de energía para el bombeo de agua, es una etapa estratégica de la cadena piscícola para incorporar SGERD. Estos sistemas, con su capacidad de adaptación a las necesidades específicas de cada unidad productiva, ofrecen una alternativa viable y sostenible a la dependencia de gasolina, un combustible cuyo acceso está condicionado por regulaciones nacionales y, actualmente, también por la escasez de divisas en Bolivia.

La implementación de SGERD, ya sea a través de la conexión a la red bajo el modelo de generación distribuida o mediante sistemas aislados que ofrecen autonomía en áreas remotas presenta ventajas significativas. Si bien es necesario considerar factores que afectan los costos de estos sistemas como el nivel de radiación solar, la distancia al centro urbano más cercano y la distribución de los estanques, en términos generales los SGERD en unidades piscícolas resultan económicamente viables si la oxigenación de los estanques supera las 20 horas semanales. No obstante, esta evaluación es parcial, ya que incrementar las horas de oxigenación de los estanques tendría impactos positivos adicionales en la productividad de los emprendimientos, pero también en su desempeño ambiental (más oxigenación, menor uso de agua dulce y generación de lodos).

Lo anterior implica que el beneficio económico de estos sistemas podría superar su rentabilidad privada, lo que justificaría la intervención del Estado con políticas que impulsen la adopción de estas tecnologías -atendiendo a los criterios de eficiencia, eficacia y sostenibilidad- pero también el acceso de los productores a tasas preferenciales en el marco de programas de financiamiento verde. Además, esto plantea la necesidad de cuantificar el impacto sobre las NDC de Bolivia que podría producir un escenario optimista, en el cual gran parte de los piscicultores reemplacen el uso de gasolina para el bombeo de agua para oxigenación, llenado y vaciado de los estanques por SGERD. Este cálculo debería considerar no solo el mejor desempeño económico de estas unidades productivas sino también las emisiones de dióxido de carbono evitadas por este sector.

Referencias

Abastoflor, W. (CEPAC), Van Damme, P.A. (FAUNAGUA), Carolsfeld, J. (WFT), Badani, L. E. (IMG), Alem, J. (CIDRE), Flaherty, M. (UVIC). (2018) Peces para la vida II, 2015-2018. Mejorando la seguridad alimentaria en Bolivia.

Abastoflor, W; Van Damme, P. A.; Carolsfeld, J; Badani, L.E.; Alem, J.; Flaherty, M. (2018). Peces para la Vida II 2015-2018. Mejorando la seguridad alimentaria en Bolivia. <https://issuu.com/pecesparalavida/docs/photobook-ppvii-es/1>

Agencia Boliviana de Información (2023 febrero 15) Construcción de la Planta Piscícola en Chimoré tiene 92% de avance y ya opera al 40% de su capacidad. Abi.bo. <https://abi.bo/index.php/economia2/33733-construccion-de-la-planta-piscicola-en-chimore-tiene-92-de-avance-y-ya-opera-al-40-de-su-capacidad>

Arteaga Zambrana, Jorge (2017). Academia de Riquezas de Bolivia, Potencial Pesquero y Piscícola de Bolivia. <https://riquezasdebolivia.com/potencial-pesquero-y-piscicola-de-bolivia/>

Azevedo, S., Carvalho, H.; Barroso, A. P., Machado, V. H., Machado, V. C. (2012). Supply chain redesign for resilience using simulation. Computers & Industrial Engineering. 62 (1), 329-341. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2011.10.003>

Compañía Eléctrica Sucre S.A., CESSA. Estructura tarifaria 2025. Recuperado de: <https://cessa.com.bo/importante/estructura-tarifaria>

Conservation Strategy Fund (CSF) & FAUNAGUA (2020). El pescado amazónico en Bolivia. Una aproximación a su valor comercial. <https://www.wwf.org.bo/?364970/EL-PESCADO-AMAZNICO-EN-BOLIVIA-Una-aproximacion-a-su-valor-comercial>

Estado Plurinacional de Bolivia, Empresa de Apoyo a la Producción de Alimentos (2024). Complejo Piscícola Chimoré. Emapa.gob.bo <https://emapa.gob.bo/wp-content/uploads/2022/12/silos-029.jpg>

Estado Plurinacional de Bolivia, Ministerio de Desarrollo Productivo y Economía Plural. Sistema Integrado de Información Productiva (Enero 2025). Información Estadística General y Sectorial. Información productiva. <https://siip.produccion.gob.bo/repSIIP2/formSeprec.php#tab4>

Estado Plurinacional de Bolivia. Ministerio de Desarrollo Rural y tierras. Institución Pública desconcentrada de pesca y acuicultura, IPD PACU. (2021) Audiencia Pública de Rendición de

cuentas final gestión 2021. <https://www.ruralytierras.gob.bo/uploads/0.-IPD%20PACU%20REND%20CUENTAS%20FINAL%202021%20IES.pdf>

Estado Plurinacional de Bolivia. Ministerio de Desarrollo Rural y tierras. Institución Pública desconcentrada de pesca y acuicultura, IPD PACU. (2021) Audiencia Pública de Rendición de cuentas inicial gestión 2021. <https://www.ruralytierras.gob.bo/uploads/IPD%20PACU%20Presentacion%20Rendici%C3%B3n%20de%20Cuentas%20Inicial%202021.pdf>

Estado Plurinacional de Bolivia. Ministerio de Medio Ambiente y Agua. Autoridad Plurinacional de la Madre Tierra (2022) Contribución Nacionalmente Determinada (CND) del Estado Plurinacional de Bolivia. Actualización de las CND para el periodo 2021-2030 en el marco del Acuerdo de París. <https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/CND%20Bolivia%202021-2030.pdf>

Faunagua. (2024). Datos de Estudio de producción acuícola y prácticas ambientales actuales a partir de una evaluación de imágenes satelitales, informes municipales, y visitas de campo.

Fortún, J. C. (2024 diciembre 31) Bolivia aumenta producción de peces, pero no alcanza a los países vecinos. El Deber Bolivia. https://eldeber.com.bo/dinero/bolivia-aumenta-produccion-de-peces_215959/

Gobierno Autónomo Departamental de Tarija (2023). Ttarija.gob.bo. <https://www.tarija.gob.bo/tarija/1061-gobernacion-mejoro-la-estacion-piscicola-para-la-cria-de-alevines-y-repoblar-173-reservorios-de-agua>

Govindan & Hasanagic (2018) A systematic review on drivers, barriers, and practices towards circular economy: a supply chain perspective. International Journal of production research. 56(2),1-34 DOI:10.1080/00207543.2017.1402141

Guide, V. D. R., & Van Wassenhove, L. N. (2002). "Reversed logistics: a closed-loop supply chain perspective". Journal of operations management, 20(6), 655-671.

International Renewable Energy Agency, IRENA. (2024). Perfil Energético del Estado Plurinacional de Bolivia. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Statistics/Statistical_Profiles/South-America/Bolivia-Plurinational-State-of_South-America_RE_SP.pdf?rev=c74cdf6483c646f1a0c9d0e0bb3aa064

Irwin, S.; Dulón R.; Hinojosa, V.; Céspedes A.; Badani, L.; Abastoflor, W.; Carolsfeld, J. (2023). Emerge un nuevo sistema de producción piscícola en Bolivia. Peces para la vida II.

Jeremić, M., Matkovski, B., & Zekić, S. (2024). The Green Food Supply Chain Concept. International Scientific Conference Strategic Management and Decision Support Systems in Strategic Management, 295-301. https://doi.org/10.46541/978-86-7233-428-9_423

Junning Cai, FAO. Presentación en el III Simposio Internacional de Piscicultura Tropical en Bolivia, 12 de diciembre de 2024.

Mondaca, G. (2011) El enfoque de gestión integral de recursos hídricos por cuencas, como propuesta base de la regulación hídrica en Bolivia. ¿Por qué la importancia de una visión de cuencas en la futura ley de aguas?. Revista Virtual REDESMA, vol.5, n.1, pp. 59-71 http://revistasbolivianas.umsa.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1995-10782011000100008&lng=pt&nrm=iso. ISSN 1995-1078.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO. (2023). Perfiles de países de pesca y acuicultura, Estado Plurinacional de Bolivia. Recuperado de: <https://www.fao.org/fishery/es/facp/bol?lang=en>

Petljak, K. (2019). Green supply chain management practices in food retailing. InterEULawEast: Journal for the International and European Law, Economics and Market Integrations.

Van Damme, P.; Zubieta Zubieta, J.; Zambrana I. (2024). Hacia una Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) del sector piscícola en la amazonia boliviana. Faunagua. Presentación en el III Simposio Internacional de Piscicultura Tropical en Bolivia, 12 de diciembre de 2024.