

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

RODOLFO PALANECK ALVARADO

LA INELUDIBLE Y URGENTE TRANSICIÓN ENERGÉTICA RESIDENCIAL
ANÁLISIS DE COPRODUCTOS DE LA BIOMASA EN LA REGIÓN DE LOS LAGOS
DE CHILE Y SU BIOMETANIZACIÓN PARA TRANSITAR HACIA UNA ECONOMÍA
CIRCULAR, VERDE, INCLUSIVA Y MÍNIMA

CURITIBA

2022

RODOLFO WALTER PALANECK ALVARADO

LA INELUDIBLE Y URGENTE TRANSICIÓN ENERGÉTICA RESIDENCIAL
ANÁLISIS DE COPRODUCTOS DE LA BIOMASA EN LA REGIÓN DE LOS LAGOS
DE CHILE Y SU BIOMETANIZACIÓN PARA TRANSITAR HACIA UNA ECONOMÍA
CIRCULAR, VERDE, INCLUSIVA Y MÍNIMA

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de MBA Em Gestão Estratégica Em Energias Naturais Renováveis do Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, como requisito para obtenção do título de especialista em Energias Renováveis.

Aluno: Rodolfo Palaneck A

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Langer

CURITIBA

2022

RESUMEN

La Región de Los Lagos, debe avanzar en la composición de su matriz energética para una economía circular, verde, inclusiva y mínima si quiere alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sustentable (ODS), porque la energía es un elemento vital y estratégico para el desarrollo de la sociedad moderna. El 23,7 % de la matriz energética primaria de la región, con una generación de 3.991,5 Tcal provienen de la leña de bosques nativos, usados principalmente para la calefacción residencial. El uso intenso de la biomasa (leña) trae impactos ambientales y sociales negativos. La región es rica en residuos de biomasa, las cuales representan pasivos ambientales preocupantes. El objetivo de este trabajo fue proponer la diversificación de la matriz energética usando coproductos de biomasa como una alternativa al uso de la leña nativa para generación de biometano como fuente energética. Como ruta de conversión tecnológica se propone la digestión anaeróbica para la generación de Biometano. Fueron seleccionadas tres biomásas regionales abundantes y constantes. Dos de las biomásas provienen de la salmonicultura (mix, de piel, vísceras y esqueleto y de la mortalidad natural del salmón) la tercera biomasa corresponde a los residuos sólidos orgánicos urbanos. Los resultados muestran una posibilidad de producción de $106.244.650 \text{ m}^3 \text{ metano}^{-1} \text{ año}^{-1}$ con un valor económico neto (noviembre 2021) de USD \$162.439.109. El volumen estimado de biometano sería equivalente a una producción de energía de 1.068,8 Tcal y al 26,7 % de la capacidad de sustitución de la leña nativa para uso residencial (2018). La contribución del biometano a la matriz energética regional contribuiría a la reducción de los elevados niveles de pobreza energética regional, alcanzando resultados de mayor bienestar socio-ambiental en la región. Adicionalmente el biometano generado posibilitaría la reducción de los impactos negativos sobre los bosques nativos y los impactos socio ambiental causado por los residuos de la salmonicultura intensiva y los residuos sólidos orgánicos urbanos.

Palabra clave: leña, salmón, RSU, biometano, energía

RESUMO

A Região dos Lagos, deve avançar na composição de sua matriz energética para uma economia circular, verde, inclusiva e mínima se quiser alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), porque a energia é um elemento vital e estratégico para o desenvolvimento da sociedade moderna. Os 23,7% da matriz energética primária da região, com uma geração de 3.991,5 Tcal provêm da lenha de florestas nativas, usadas principalmente para a calefação domiciliar. O uso intenso da biomassa (lenha) traz impactos ambientais e sociais negativos. A região é rica em resíduos de biomassas, as quais representam passivos ambientais preocupantes. O objetivo deste trabalho foi propor a diversificação da matriz energética usando coprodutos de biomassas como uma alternativa ao uso da lenha nativa para geração de biometano como fonte energética. Como rota de conversão tecnológica propõe-se a digestão anaeróbica para a geração de Biometano. Foram selecionadas três biomassas regionais, abundantes e constantes. Duas das biomassas provêm da salmonicultura, (mix de pele vísceras, esqueleto e da mortalidade de salmão), a terceira biomassa corresponde aos resíduos sólidos orgânicos urbanos. Os resultados mostram uma possibilidade de produção de 106.244.650 m³ biometano-1 ano-1, com um valor econômico neto (novembro de 2021) de USD \$162.439.109). O volume estimado de biometano seria equivalente a uma produção de energia de 1.068,8 Tcal e 26,7% da capacidade de substituição de lenha nativa para uso domiciliar (2018). A contribuição do biometano para a matriz energética regional contribuiria para a redução dos altos níveis de pobreza energética, alcançando resultados de maior bem-estar socio-ambiental na região. Além disso, o biometano gerado permitiria reduzir os impactos negativos sobre as florestas nativas e os impactos socioambientais causados pelos resíduos da salmonicultura e resíduos sólidos orgânicos urbanos.

Palavras – chaves: lenha, salmão, RSU, biometano, energia

AGRADECIMIENTOS.

Quisiera dedicar este trabajo a mis padres, en especial a mi madre “Piri”. A mi hermana Rowena, Polo y sobrinos Rodolfo y Diego

Agradecer:

A mi profesor guía Dr. Marcelo Langer, que siempre, he incansablemente ha estado presente para todos sus alumnos con total dedicación y que nos enseñó en estos 18 meses a ver las cuestiones socio-ambientales desde una nueva perspectiva.

A Fernanda Dolores, Thaís Zawadzki y a toda la Tutoría de la UFPR, que siempre con esfuerzo y abnegación me entregaron apoyo y dedicación en tiempos tan difíciles y complejos.

A mis queridos profesores, Dr. Pedro Temporetti (UNCO), Dr. Carlos Roberto Sanquetta (UFPR), Dr. Roberto Jaramillo (UACH) aportándome siempre con sabios consejos y orientaciones.

Al Sr. Senador Fidel Espinoza y Srta. Paz Agüero, Srta. Ana Maria Godoy por ayudar y gestionar en forma oportuna, la entrega de información relevante para la realización de este trabajo.

A Paulin Silva, Dr. René Reyes, Leandro Tonin, Carlos Palma, Dr. Dhyogo Miléo, por sus valiosas contribuciones y consejos.

A mis amigos y compañeros de curso Javier García, Marta Lobo, Mauro Russélio, Claudia Sherrington, Aline Maldonado Dos Santos, Mario. E. Aguila, Suelen Pires De Matos, siempre aportando y pendientes del desarrollo de este estudio.

Y dedicar muy especialmente a mi queridísimo amigo Humberto Bernardes Jr. que seguía con detenimiento este trabajo y hoy seguro que lo está leyendo atentamente desde otra dimensión y a todos mis queridos amigos de Argentina, Brasil y Chile, que han vivido estos 2 años de pandemia con irreparables pérdidas, momentos de gran dificultad y enorme tristeza y que a pesar de las dificultades, siempre me entregan cariño y generosidad.

Finalmente dispongo este trabajo a la comunidad, como un aporte al conocimiento del potencial de nuestro tan agredido entorno y una contribución a la toma de decisión para la construcción de una sociedad más justa en un medio ambiente ecológicamente más equilibrado.

Infinitas Gracias.

15 Marzo 2022

SUMÁRIO

1	INTRODUCCIÓN.....	7
1.1	OBJETIVO GENERAL.....	9
2	DESARROLLO	9
2.1	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	10
2.1.1	Estructura legal ambiental de Chile.....	10
2.1.2	Legislación ambiental.....	10
2.1.3	Legislación forestal.....	11
2.1.4	Legislación de gestión de residuos	11
2.1.5	Legislación pesquera y acuícola	11
2.1.6	Legislación eléctrica y eficiencia energética.....	11
2.1.7	Leyes y ordenanzas municipales.....	12
2.2	REGIÓN DE LOS LAGOS, BIODIVERSIDAD Y CARACTERÍSTICAS DE LAS FUENTES DE ENERGÍA PARA LA REGIÓN DE LOS LAGOS.....	12
2.2.1	Leña como fuente de energía y bosque nativo	13
2.3	RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU).....	15
2.4	DIGESTIÓN ANAERÓBICA	16
2.5	INDUSTRIA ACUÍCOLA, SALMONICULTURA.....	19
2.6	MATRIZ ENERGÉTICA PRIMARIA NACIONAL Y REGIONAL.....	20
3	RESULTADOS Y ANALISIS.....	23
3.1	GENERACIÓN ENERGÉTICA A PARTIR DE LA LEÑA NATIVA	23
3.2	GENERACIÓN ENERGÉTICA BAJO LA FORMA DE BIOME- TANO, PROVENIENTE DE LA BIODIGESTION ANAEROBI- CA DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS DE LA INDUSTRIA SAL- MONERA.....	25
3.3	GENERACIÓN ENERGÉTICA PROVENIENTE DE LA FRAC- CIÓN ORGÁNICA DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS RSU).....	26
3.4	SUSTITUCIÓN ENERGÉTICA DE LA LEÑA NATIVA EN LA REGION DE LOS LAGOS POR BIOMETANO.....	27
4	CONCLUSIÓN	32
5	SUGERENCIAS	34

1 INTRODUCCIÓN

En la última década, las crisis sociales, ambientales y económicas a escala global se han agudizado. Especial preocupación reviste el sexto informe del Panel Intergubernamental de Expertos Sobre el Cambio Climático del 9 de agosto 2021, que señala que el planeta ya no tiene áreas que estén a salvo de los efectos del cambio climático y que las actividades antrópicas son exclusivamente responsables de los fenómenos climáticos adversos que estamos asistiendo en todos los continentes (IPCC, 2021).

Dada las crisis socio ambientales, a diario escuchamos el término sustentabilidad, cuyo significado genera controversia en su interpretación, controversia que por cierto es enriquecedora y que parece no tener fin. Una característica es que el término no es exactamente un concepto o un conjunto de conceptos, pero el uso congrega una estructura conceptual discursiva o narrativa necesaria para que diferentes visiones de sustentabilidad terminen transitando en tres dimensiones muy importantes (ambiental, social, económica), para que el término tenga sentido. Para construir esta narrativa, es necesario tener un entendimiento entre el mundo social y ambiental. En esta vinculación siempre es necesaria la existencia de una perspectiva de amenaza o un riesgo a esas interacciones, poniéndolas en juego (DONATO; FERREIRA, 2013). Por cierto, esta narrativa estaría incompleta, si finalmente no tuviera una propuesta de acción o de solución ante esa amenaza.

La energía es un elemento esencial, estratégico, ligado al desarrollo social y económico de la sociedad contemporánea (DA SILVA, 2015), este fuerte vínculo de la energía con el desarrollo de los pueblos también implica un fuerte vínculo con impactos socio ambientales y directamente con el cambio climático (CNE, 2019). Desde esa perspectiva, vinculando las diferentes dimensiones, la energía es un elemento clave para construir una narrativa y propuesta de solución, elementos necesarios para que la sustentabilidad tenga sentido.

En septiembre del año 2015, líderes mundiales se comprometieron en una agenda que incluye 17 objetivos globales, llamados Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Con metas específicas al 2030, los ODS tienen la misión de reducir la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos. (PNUD, 2016).

El ODS N° 7 denominado, Energía asequible y no contaminante, señala que el 60% de la contribución al cambio climático proviene de la energía. Una de cada siete personas en el planeta, en su mayoría en países subdesarrollados, aún no tienen acceso a la electricidad, 3.000 millones de personas (40% de la población mundial) dependen de energías contaminantes para sus necesidades básicas como cocinar y calefacción (PNUD, 2016).

Chile no es ajeno al uso de energías que, aunque de origen renovable, poseen una alta capacidad de generar impactos negativos, tanto sociales, ambientales y económicos.

Las regiones sur del país (Los Ríos, Los Lagos, Aysén) en especial en la Región de los Lagos, tanto por factores climáticos, socioeconómicos y culturales, el consumo de leña como energía calórica, ocupa el 2° lugar en la matriz energética bruta, posición que sólo es superada por energías de origen fósil (petróleo, gas y carbón), (CNE, 2019). Este intenso consumo energético, tiene implicancias en la deforestación nativa, pérdida de biodiversidad, servicios ambientales y contaminación atmosférica que resultan en impactos socio-ambientales negativos severos, (REYES et al., 2018; BERGAMINI, 2107).

Adicionalmente a los impactos socio-ambientales de la utilización de la leña como combustible, la Región de los Lagos tiene otros conflictos socio-ambientales que igualmente comprometen la sustentabilidad. La región tiene una intensa actividad acuícola para la producción de proteína animal (salmón), (PALANECK, 2018), para la exportación. Sin embargo los residuos orgánicos generados del ciclo productivo de la cría de salmón, quedan en el territorio (fecas de peces, mortalidad natural, residuos de mataderos) y que dispuestos en el medio ambiente, tienen consecuencias ambientales, sociales y económicas negativas, (BUSCHMANN; FORTT, 2005). Usar la biomasa en origen, proveniente de los residuos de salmón para generar biometano como energía en reemplazo de la leña y adicionalmente entregar un coproducto como el biofertilizante para la agricultura regional, puede resultar en una solución por partida doble, reduciendo conflictos socio ambientales, generación de renta, independencia y seguridad energética, disminución de costos, gastos, pérdidas económicas (PALANECK, 2018).

El modelo económico lineal, que domina globalmente la producción y los patrones de consumo, generan grandes volúmenes de residuos sólidos, comúnmente llamados basura. En una economía lineal, los residuos sólidos se descartan en

vertederos o se incineran. Ambas formas de descarte, no se alinean con una economía circular, verde, inclusiva y mínima (SEGUI et al., 2018).

La región de los Lagos viene usando basurales, vertederos y rellenos sanitarios en todo su territorio, como única forma de dar disposición final a los residuos urbanos sólidos (RSU), con impactos negativos en todas las dimensiones de la sustentabilidad. (ROMERO, 2015).

La generación de metano como energía y biofertilizante a partir de la fracción orgánica de los RSU y la reutilización de materiales de la fracción inorgánica de los mismos, resulta en un camino más sustentable. El utilizar los residuos orgánicos tanto de la industria del salmón y RSU para la generación de energía como biogás y biometano en reemplazo de la leña nativa, es valorizar los residuos, pudiendo transformar 3 problemas regionales preocupantes, en una solución integrada con cuidado socio-ambiental.

Los cambios que se puedan realizar en la matriz energética son gravitantes en el éxito o fracaso tanto en la reducción de los impactos socio-ambientales negativos, como en la pérdida de servicios ambientales y reducción de la contaminación y representan la mayor oportunidad de éxito, para alcanzar, regionalmente las metas de los ODSs al 2030 (PNUD, 2021; CNE, 2019).

1.1 OBJETIVO GENERAL

El objetivo general de este trabajo, fue evaluar la capacidad potencial teórica de sustitución energética de la leña nativa para uso residencial en la Región de Los Lagos por Biometano, generado de la biodigestión anaeróbica de coproductos de la biomasa, provenientes de industria del salmón (vísceras, esqueleto, piel y mortalidad de salmón) y residuos urbanos (RSU), ambos generados en la Región de Los lagos.

2 DESARROLLO

El desarrollo del presente trabajo va a ser agrupado en 2 subcapítulos. Primer subcapítulo (Revisión Bibliográfica) y Segundo subcapítulo, (Resultados y Análisis).

2.1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1.1 Estructura legal ambiental de Chile

Chile es un estado unitario y las regulaciones ambientales se encuentran contenidas en 4 tipos de instructivos normativos, Constitución Política, Ley, Decreto y Resolución a seguir descritos.

Constitución de la República de Chile y medio ambiente

La ley fundamental del estado de Chile actualmente vigente, fue promulgada el 11 septiembre. 1980. El principio rector del orden social es el principio de subsidiaridad que determina el rol del estado.

De los derechos y deberes constitucionales en el:

Artículo 19.- La Constitución asegura a todas las personas:

“El derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación. Es deber del Estado velar para que este derecho no sea afectado y tutelar la preservación de la naturaleza”.

“La ley podrá establecer restricciones específicas al ejercicio de determinados derechos o libertades para proteger el medio ambiente”; (BCN).

2.1.2 Legislación ambiental

El marco general de la legislación ambiental en Chile tiene por objeto, dar un contenido concreto al Artículo 19 de la constitución y esta está basada en 4 principios (preventivo, el que contamina paga, gradualismo y responsabilidad), fijando la institucionalidad ambiental del país, instrumentos de gestión ambiental y el marco para, dictar nuevas disposiciones legales ambientales y revisar las existentes. Ley Nº 19.300, promulgación: 01 marzo.1994. Ley Sobre Bases Generales del Medio Ambiente. (BCN).

2.1.3 Legislación forestal

Las leyes que apuntan a resolver el problema del deterioro ambiental como consecuencia de la deforestación, aspectos atinentes a la conservación de los ecosistemas con sus servicios ambientales, estableciendo incentivos para recuperar el bosque se expresan en: Ley N° 20.283, promulgada 11 julio. 2008. Ley sobre recuperación del bosque nativo y fomento forestal. Proyecto de Ley Fecha de Ingreso: martes 21 de julio. 2020. Proyecto que regula el uso de la leña como combustible de uso domiciliario y las condiciones para su comercialización. Etapa para su aprobación, (BCN)

2.1.4 Legislación de gestión de residuos

Legislación que establece un marco legal para la gestión de los residuos. Ley N°. 20.920, promulgada el 16 mayo. 2016. Esta ley establece marco para la gestión de residuos, la responsabilidad extendida del productor y fomento al reciclaje (BCN)

2.1.5 Legislación pesquera y acuícola

Las leyes y decretos de mayor importancia, en que se sustenta la actividad de pesca y de acuicultura en Chile son:

Ley 18.892 Promulgada 18 mayo. 1990. Ley General de Pesca y Acuicultura. Ley 20.434 Promulgada 05 abril 2010. Modifica la ley general de pesca y acuicultura en materia de acuicultura. DECRETO 56. Promulgado 15 abril.2011, Modifica reglamento que establece las medidas de protección, control y erradicación de enfermedades de alto riesgo para las especies hidrobiológicas (BCN).

2.1.6 Legislación eléctrica y eficiencia energética

Las leyes que modifica la Ley General de Servicios Eléctricos (Ley N° 19.674) y que implica incentivos a la generación de energía eléctrica con fuentes renovables no convencionales ERNC son.

Ley N° 20.257, promulgada el 20 marzo. 2008 para regir a contar del 01/01/2010. Presentar modificaciones a la ley general de servicios eléctricos a respecto de la

generación de energía eléctrica con fuentes de energías renovables no convencionales. LEY 20.698, promulgación: 14 octubre. 2013. Propicia la ampliación de la matriz energética, mediante fuentes renovables no convencionales. DFL 4/20018, promulgada 5 febrero. 2007 fija texto refundido, coordinado y sistematizado del decreto con fuerza de ley n° 1, de minería, de 1982, ley general de servicios eléctricos, en materia de energía eléctrica. Ley 20.571, también llamada ley NetBilling, otorga el derecho de generar energía, auto-consumirla e inyectar sus excedentes a la red. Ley N° 20.805, perfecciona el sistema de licitaciones de suministro eléctrico para clientes sujetos a regulaciones de precios. Publicada en 29/01/2015. Ley N° 21.305, promulgada, sobre eficiencia energética, cuyo objeto es promover el uso racional y eficiente de los recursos energéticos, NCh1079:2019 Arquitectura y construcción - Zonificación climática y térmica para el diseño de edificaciones. (BCN)

2.1.7 Leyes y ordenanzas municipales

Ley 18.695. Ley Orgánica Constitucional de Municipalidades (LOC). Establece la Estructura, Funciones y Atribuciones de los Municipios.

2.2 REGIÓN DE LOS LAGOS, BIODIVERSIDAD Y CARACTERÍSTICAS DE LAS FUENTES DE ENERGÍA PARA LA REGIÓN DE LOS LAGOS

La Región de los Lagos, es una de las 16 regiones de Chile, teniendo a la ciudad de Puerto Montt como capital regional. Su administración territorial se subdivide en 4 provincias (Osorno, Llanquihue, Chiloé y Palena) y 30 municipios. Posee una superficie 48.584,5 km², con el 58% de la superficie regional, ocupada por bosque nativo (2.825.115 ha) (ANUARIO FORESTAL, 2019). Su población alcanza 828.708 personas y una población flotante de 248.902 personas, con una densidad de 17,1 hab km⁻² y 332.920 viviendas (2017). El 73,6% de la población habita en zonas urbanas y un 26,4% rural, (GORE LOS LAGOS, 2017). Como antecedente social regional, la pobreza por ingreso alcanza 11% (9,75 urbano y 17% rural) y la pobreza multidimensional (indicadores de: educación, vivienda, salud, redes, trabajo) alcanza un 25,5% (17,8% urbano y 44,7% rural), (ODEPA, 2020).

El clima es templado lluvioso, con pluviometría entre los 1.600 mm año⁻¹ a 2.500 mm año⁻¹ con lluvias frecuentes durante casi todo el año, (GORE LOS LAGOS, 2017).

Chile, en sus diferentes ecosistemas terrestres, se caracteriza por un endemismo geográficamente variable, condición que se encuentra acentuada en las regiones sur del país, condición que implica mayor fragilidad a los ecosistemas terrestres. (ENB, 2017).

2.2.1 Leña como fuente de energía y bosque nativo

La leña es una biomasa orgánica de origen vegetal y renovable. Esta biomasa es el energético en uso más económico, extrayéndose de la naturaleza y utilizándose dentro de la misma región. La leña es utilizada profusamente en el sector energético residencial, para generar energía calórica por combustión en calderas o fogones. (MINENERGIA, 2014). En la TABLA 1 se expresa la Oferta Total Nacional de Biomasa Leña¹ y el consumo por sector productivo, concentrando el consumo para generación eléctrica, el mayor consumo de Biomasa Leña, seguido del Sector Industrial, expresado en Teracalorías² (ENERGIA ABIERTA, 2022).

TABLA 1 - OFERTA TOTAL Y CONSUMO NACIONAL DE BIOMASA LEÑA Y DERIVADOS POR SECTOR PRODUCTIVO, EXPRESADO EN TERACALORÍAS (Tcal)

Año	Consumo Generación Eléctrica	Consumo Sector Industrial	Sector Residencial Comercial, Público	OFERTA Total Tcal
2017	42.333	20.090	17.604	80.026
2018	44.532	21.104	17.957	83.592
2019	43.252	20.060	18.043	81.355
2020	42.476	18.321	18.085	78.882
Contribución 2020	53,8 %	23,3 %	22,9 %	100 %

FUENTE: Adaptado de: CNE, 2017; CNE, 2018; CNE, 2019; CNE, 2020

El consumo de madera utilizada con fines energéticos, fundamentalmente como leña y derivados, representa entre un 17 y 25 % de la oferta energética nacional, del cual un 63% proviene de bosque nativo.

Otros estudios señalan diferencias a los valores expresados en TABLA 1, tanto en el consumo final nacional, como en las contribuciones de energía por sector productivo, tanto de la Leña y sus derivados, los cuales se expresan en la TABLA 2,

¹ Biomasa, Leña y Derivados - biomasa considerada corresponde al consumo de leña, derivados de leña (briquetas de biomasa, pellets de biomasa, carbón vegetal, despunte de madera), licor negro, residuos orgánicos municipales líquidos y sólidos y residuos agrícolas

² Tcal= 10⁹ calorías (mil millones de calorías)

(REYES, 2020). Este consumo nacional de Leña mueve recursos económicos en torno a los USD \$ 200 millones, generación de renta y fuentes laborales (100 mil empleos) (HUNEEUS, et al., 2020) (CONAF, 2017); (ROMÁN: LOZADA, 2016) y es considerada carbono neutral (IPCC, 2006).

TABLA 2 - OFERTA TOTAL Y CONSUMO NACIONAL DE LEÑA DE ESPECIES EXÓTICAS Y NATIVAS POR SECTOR PRODUCTIVO EXPRESADO EN MILLONES DE METROS CÚBICOS AÑO

Año	Consumo de Leña en Chile ³ mill m ³ año ⁻¹	Consumo Leña Especies exótica mill m ³ año ⁻¹	Consumo Leña especies nativa mill m ³ año ⁻¹	Consumo Sector Industrial manufacturero	Sector Residencial Comercial, Público
2019	12,8	7,0	5,8	4 %	96%
Contribución	100 %	54,7 %	45,3 %		

FUENTE: Adaptado de: REYES, 2020

La leña nativa en la región de los Lagos, es una madera que proviene de bosques naturales, prístinos, tanto con ausencia o presencia de planes de manejo.

En La Región de los Lagos, el 92% de las residencias usan leña (HUNEEUS, N., et al 2020). En la TABLA 3 se expresa el consumo de leña domiciliario total (especie nativo y exótica), la composición de leña nativa en el total de leña utilizada y el potencial calorífico de la leña⁴, (GALLARDO, 1998; REYES, 2020). La informalidad asociada a la producción de leña y la heterogeneidad del territorio regional, hace difícil establecer la producción en m³ de leña por hectárea anual. (m³ ha⁻¹ año⁻¹), sin embargo (GALLARDO, 1998) estimó a partir de un estudio en 5 comunas de la provincia de Llanquihue, que el rendimiento promedio total (tala total y continua) en 287,5 m³ ha⁻¹ de leña nativa con un peso de 730 kg m⁻³ sólido.

TABLA 3 - CONSUMO DE LEÑA DOMICILIARIO TOTAL REGIONAL (ESPECIE NATIVA Y EXÓTICA), EXPRESADO EN MILLONES DE METROS CÚBICOS AÑO

Consumo domiciliario Leña (exótica + nativa) mill m ³ año ⁻¹	Consumo domiciliario leña (nativa) mill m ³ año ⁻¹	Participación regional leña nativa domiciliaria del Total leña	Potencial calorífico leña nativa kWh m ⁻³	Rendimiento promedio Leña nativa (tala rasa, continua). m ³ ha ⁻¹
2,415	1,908	79 %	2.433	287,5

FUENTE: Adaptado de: GALLARDO, 1998; REYES, 2020.

³ mill m³ año⁻¹ - millones de metros cúbicos año

⁴ Potencial Calorífico de la Leña - 2.433 kWh m⁻³ con una humedad de un 30% y densidad promedio de 700 kg m⁻³ sólido, (REYES, 2020).

Socialmente la generación de empleos asociado a la actividad extractiva y comercialización de la leña, genera empleos precarios, sin previsión social, de salud, con gran evasión tributaria e informalidad que hace difícil la implementación de planes de manejo y su fiscalización. (HUNEEUS, et al., 2020).

La quema de leña genera material particulado respirable MP_{10} y material particulado fino respirable $MP_{2,5}$. El material particulado $MP_{2,5}$ es responsable de 3.600 muertes y 3.000 hospitalizaciones anuales en el país (HUNEEUS, et al., 2020). El 85% de las emisiones totales del particulado ($MP_{2,5}$), se encuentra asociado a la leña e implican un costo social en salud de USD U\$1.000 millones. La Región de los Lagos, contribuye con el 25% de las emisiones nacionales de $MP_{2,5}$ y la mayor emisión de $MP_{2,5}$ son atribuibles a la leña. (MINENERGIA, 2020).

Si bien la leña es el combustible para calefacción más económico, su consumo también obedece a un factor cultural (BUSTOS, 2017). Los costos unitarios en términos de energía primaria (USD \$ MMBTU⁻¹) para los energéticos más usado para calefacción son, Leña Seca USD\$ 14, Pellet US \$19, Kerosene o Parafina USD \$33, GLP USD \$47 y Gas Natural USD \$24. Al considerar el costo de las externalidades (mortalidad prematura y enfermedades) la Leña seca tiene un costo de USD \$ 63 (costo externalidad USD\$ 49) y Pellets USD\$ 25 (costo externalidad US\$ 6), y GLP, Gas Natural (GN), Kerosene (parafina), no registran externalidades; (MINENERGIA, 2020).

2.3 RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU)

Los Residuos sólidos urbanos municipales (RSU) según su origen, incluye todos aquellos residuos no peligrosos de origen domiciliario y residuos similares a los anteriores, generados en el sector servicios y pequeñas industrias. Según la composición de los residuos, estos pueden ser clasificados en inorgánicos (vidrio, plástico, metal, madera, tela, papel y cartón) y orgánicos (restos alimenticios y alimentos degradados). En el año 2018, Chile generó 19,6 millones de toneladas de residuos, de los cuales el 41,7 % corresponden a RSU municipales con una generación per cápita de 1,19 kg año⁻¹. A nivel nacional, la composición entre fracción inorgánica y orgánica es en promedio 50% para cada tipo de residuo. Del volumen total de RSU, un 99 % es eliminado en un lugar de disposición final y solo el 1% es valorado (reutilizado, reciclado).

El país posee un 95 % de basurales o vertederos, de los cuales, el 40% no posee ningún tipo de autorización y de mínimas exigencias para prevenir la contaminación del aire, suelos, agua y con nulo aprovechamiento energético de los residuos orgánicos (MINAMBIENTE, 2018).

Los Lagos, posee 18 sitios de disposición final para RSU, para un total de 30 comunas. De los 18 sitios (2 rellenos sanitarios, 8 vertederos y 8 basurales) en operación para disposición final, 11 poseen autorización sanitaria y 2 solamente con Resolución de Calificación Ambiental (RCA); (SGS, 2019).

La TABLA 4 expresa la producción regional total de RSU, incluida la población flotante, la producción per cápita de RSU, la composición orgánica de los RSU y el correspondiente potencial metanogénico de la fracción orgánica de acuerdo al criterio de la norma VDI 4630, con un porcentaje de sólidos totales (% ST) de 22,3 % y sólidos volátiles (% SV) de 88 %, (Datos no publicados, 2021).

TABLA 4 - PRODUCCION REGIONAL TOTAL, PRODUCCIÓN PER CÁPITA, FRACCIÓN ORGANICA Y POTENCIAL METANOGRNICO DE RSU, EN LA REGION DE LOS LAGOS

Total de personas atendidas Región Los Lagos.	Producción per cápita RSU kg hab ⁻¹ día ⁻¹	Toneladas Regionales de RSU t año ⁻¹	Participación fracción orgánica del peso total RSU	Masa fresca (fracción orgánica RSU) t año ⁻¹	Producción de metano (L) por kg fresco de fracción orgánica
979.090	0,98	959.508	55%	527.729,4	86,3

FUENTE: Adaptado de: SGS, 2019

Los costos regionales por servicio de aseo y disposición final de los RSU, alcanzaron en dólares americanos los USD⁵\$ 24,4 hab⁻¹ año⁻¹ y USD \$ 60 tonelada año⁻¹ de RSU en el año 2017, con un déficit operacional municipal de USD \$ 15,6 millones año⁻¹,(SGS, 2019).

2.4 DIGESTIÓN ANAERÓBICA

La digestión anaerobia es un proceso biológico y bioquímico complejo que ocurre en la naturaleza vinculado a fenómenos ecológicos importantes en ausencia de aire, (lagunas termales, arrozales, pantanos). Consorcios de bacterias especializadas, en ausencia de oxígeno (O₂) molecular libre y utilizando compuestos orgánicos complejos (biomasa) producen diferentes tipos de gases. En esta mezcla

⁵ USD - Código de moneda oficial de los Estados Unidos de Norte América

conocida comúnmente como biogás, está compuesta principalmente de metano (50%-75%), dióxido de carbono (25%-50%), Hidrógeno (2% - 5%), y pequeñas cantidades de otros gases como, ácido sulfhídrico, amoníaco y vapor de agua. (PALANECK 2018; MINENERGIA, 2012).

Para cuantificar el potencial de generación de metano (Potencial Metanogénico) presente en un coproducto proveniente de la biomasa, se realizan análisis laboratoriales especializados, ver FIGURA 1 A.

FIGURA 1- LABORATORIO ESPECIALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL METANOGENICO DE LA BIOMASA



FUENTE: El autor, 2022

En escala industrial, para la generación de biogás se utilizan biodigestores o biorreactores, que son infraestructuras con complejidad tecnológica, tamaño y diseño diverso, ver FIGURA 2, 3, 4 y 5.

En estas estructuras es depositada la materia orgánica para su descomposición anaeróbica, generando biogás y un coproducto como el biol (biofertilizante), (GUIA PRÁCTICO DO BIOGÁS, 2010).

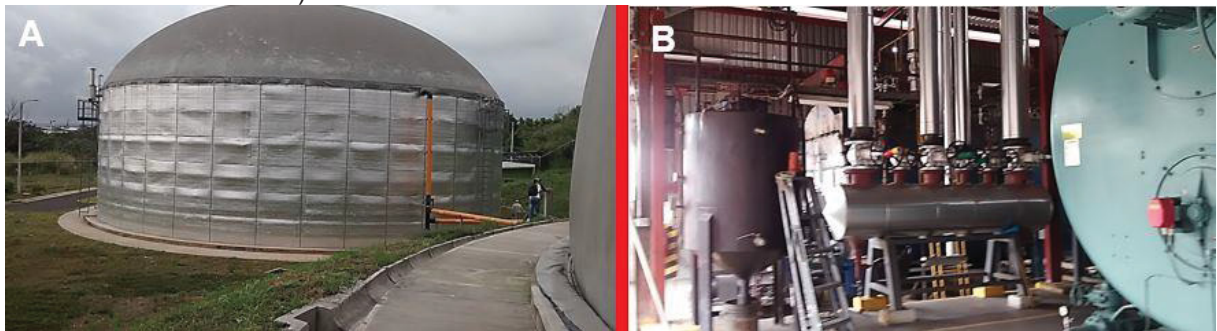
El biogás generado en escala industrial con fines energéticos, viene creciendo en función de las mejoras tecnológicas de ingeniería y de procesos, que permiten en la actualidad aprovechar el potencial metanogénico (producción de metano) presente en la materia orgánica, con mayor eficiencia, versatilidad y a un menor costo, (BLEY, 2015; PALANECK, 2018; SCHULZ, 2015; AGUILERA, 2017).

FIGURA 2- (A) BIODIGESTOR PARA GENERACIÓN ELECTRICA Y CALOR, (B) EL COPRODUCTO UTILIZADO PARA LA GENERACIÓN ENERGETICA ES A PARTIR DE FECAS DE CERDO Y ELEMENTOS ORGANICOS DE MATADERO



FUENTE: El autor, 2022

FIGURA 3- (A) BIODIGESTOR PARA LA GENERACIÓN DE CALOR, (B) EL COPRODUCTO UTILIZADO SON ELEMENTOS ORGANICOS DE MATADERO (CERDOS Y BOVINOS)



FUENTE: El autor, 2022

FIGURA 4 - (A) BIODIGESTOR ORIENTADO A LA GENERACIÓN ELECTRICA Y CALOR, (B) EL COPRODUCTO RSU (RESIDUOS URBANOS SOLIDOS) ES LA BIOMASA UTILIZADA PARA LA GENERACIÓN DE METANO



FUENTE: ARCHEA E VEIGA

FIGURA 5- (A) BIODIGESTOR QUE UTILIZA COMO COPRODUCTOS (RSU, LÍQUIDOS CLOACALES Y CÉSPED) ORIENTADO A LA GENERACIÓN DE BIOMETANO PURIFICADO, (B) BIOMETANO PRODUCIDO PARA MOVILIDAD URBANA



FUENTE: El autor, 2022

2.5 INDUSTRIA ACUÍCOLA, SALMONICULTURA

La salmonicultura es la industria acuícola más relevante como fuente generadora de proteína animal y divisas a nivel de economía nacional y regional, alcanzando una producción de 1.043.144 toneladas año⁻¹ por un valor de USD \$4.382 millones año⁻¹ (SALMON CHILE, 2020).

En la TABLA 5 se expresan los datos referentes a la producción total de salmónidos en la Región de Los Lagos en el año 2020, los rendimientos de proteína animal (salmón del atlántico) para la estimación de las toneladas de coproducto (MIX), Potencial Metanogénico⁶ del coproducto MIX, expresado en litros normalizados (LN) de metano por kilo de sólidos volátiles (LN.CH₄⁻¹.Kg⁻¹ SV), (PALANECK, 2018; VERA, 2009) y los datos para el coproducto Mortalidad con la contribución media de mortalidad natural. (PALANECK, 2018; SALMON CHILE, 2020).

TABLA 5 - PRODUCCIÓN TOTAL DE SALMÓNIDOS (REGIÓN DE LOS LAGOS) 2020, ESTIMACIÓN COPRODUCTO MIX, COPRODUCTO (MORTALIDAD NATURAL POTENCIAL METANOGENICO DEL COPRODUCTO MIX EN LA REGIÓN DE LOS LAGOS

Muestra	Producción Regional salmónidos en t año ⁻¹	Participación Mix y mortalidad de producción total	Masa fresca (Mix) t año ⁻¹	Producción de metano (L) por kg de masa fresca
Mix	468.157	52%	243.442	314,9
Mortalidad		12 %	56.178,8	224,8

FUENTE: Adaptado de: PALANECK, 2018; SALMON CHILE, 2020

Los residuos orgánicos de la industria salmonera (mortalidad, y residuos de matadero) tienen un potencial energético, bajo la forma de biometano (CH₄),

⁶ Potencial Metanogénico - De acuerdo al criterio de la norma VDI 4630, (2006).

generando adicionalmente un coproducto (biofertilizante y bioestimulante vegetal) de gran calidad, (PALANECK, 2015; PALANECK, 2018; CELIS, 2008).

2.6 MATRIZ ENERGÉTICA PRIMARIA NACIONAL Y REGIONAL

La oferta energética primaria de Chile, del último año que se tienen registros (2020), alcanzó un total de 314.387 Teracalorías⁷ (Tcal año⁻¹), (CNE, 2020). En la TABLA 6 se expresan los datos de la composición de la oferta energética primaria nacional total en Tera calorías (Tcal). La secuencia anual 2008-20(17-18-19-20) presenta una oferta siempre creciente con una caída en la oferta, el año 2020. La generación energética nacional de energías renovables no convencionales (ERNC) alcanzo 12.680 Tcal año⁻¹, distribuida en energía eólica, 4.776 Tcal año⁻¹ y solar 6.548 Tcal año⁻¹, con una participación en la Matriz Primaria Nacional por año de 3,43 % (2020). (CNE, 2019; CNE, 2020), totalizando una inversión al año 2019 de USD \$ 10.931 millones de dólares (Cámara de Diputados, 2020).

TABLA 6 - OFERTA ENERGÉTICA PRIMARIA NACIONAL TOTAL, EN TERACALORÍAS (Tcal)

Año	Petróleo crudo y carbón	Gas Natural	Hidroeléctrica	Eólica -Solar	Biomasa Leña ⁸	Geotermia	Biogás	Total Tcal
2008	154.115	23.776	20.865	33	51.170	-----	-----	249.958
2017	172.391	46.949	18.340	6.485	80.026	549	927	325.667
2018	170.680	49.448	20.095	7.573	83.592	1.841	1.171	334.387
2019	175.396	54.700	18.439	9.730	81.355	1.737	1.041	342.397
2020	147.458	55.516	18.680	12.680	78.882	1.858	866	314.934

FUENTE: Adaptado de: CNE, 2017; CNE, 2018; CNE, 2019; CNE, 2020

La TABLA 7, expresa las contribuciones a la oferta de energía total por energético. La leña en la secuencia anual desde el 2017 tiene una contribución constante en la oferta total y su aporte solo es superado por las de origen fósil. El biogás aporta con la menor contribución entre los energéticos y si bien tiene una contribución constante en el tiempo, en el año 2020 experimenta una disminución.

⁷ 1 Tera caloría [Tcal] = 1,0×10⁹ Kilocaloría [kcal] = 1,163 Gigavatio-hora [GWh]

TABLA 7 - CONTRIBUCIONES POR ENERGÉTICO A LA OFERTA DE ENERGÍA TOTAL NACIONAL EN TERACALORÍAS (TCAL)

Año	Petróleo y carbón	Gas Natural	Hidroeléctrica	Eólica -Solar	Biomasa Leña	Geotermia	Biogás	Total Tcal
2008	62%	9.5%	8,3%	-----	20%	-----	-----	249.958
2017	53%	14,4%	5,6%	2%	25%	0,3%	0,3%	325.667
2018	51%	14,7%	6,1%	2,3%	25%	0,6%	0,35%	334.387
2019	51%	16%	5,3%	2,8%	23%	0,6%	0,3%	342.397
2020	47%	17,6%	5,9%	4,1%	25%	0,6%	0,27	314.934

FUENTE: Adaptado de: CNE, 2017; CNE, 2018; CNE, 2019; CNE, 2020

En la TABLA 8, se expresan los 4 últimos años en la Composición y en las contribuciones por sectores productivos en el Consumo Final Total Nacional en Tcal. En la secuencia lidera en su contribución al consumo final nacional, en orden decreciente, el sector Industria, seguida de Transporte y Residencial. El año 2020 registra una disminución en las Tcal totales con respecto a los 3 años anteriores como resultado de la disminución del consumo energético del sector transporte (CNE, 2020).

TABLA 8 - COMPOSICIÓN Y CONTRIBUCIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA FINAL NACIONAL POR SECTORES PRODUCTIVOS, EN TCAL

Año	Sector Industrial	Sector transporte	Sector Residencial, Comercial, Público	Auto Consumo ⁹	No Energético Industrial ¹⁰	Total Tcal
2017	111.544	104.113	64.814	6.753	1.677	288.901
Contribución	39 %	36 %	22%	2,3 %	0,6 %	288.901
2018	115.194	108.154	66.289	9.098	2.424	301.168
Contribución	38 %	36 %	22%	3,0 %	0,8 %	301.168
2019	113.942	110.335	66.603	8.694	2.054	301.629
Contribución	38 %	37 %	22 %	2,9 %	0,7 %	301.629
2020	112.417	94.064	65.238	9.858	1.915	283.491
Contribución	39,6 %	33 %	23 %	3,5 %	0,67 %	283.491

FUENTE: Adaptado de: CNE, 2017; CNE, 2018; CNE, 2019; CNE, 2020

La distribución energética del consumo final según energéticos para la Región de los Lagos se encuentra expresada en la TABLA 9. La biomasa leña, en el consumo regional final es el energético de mayor relevancia (>50 %) seguido de los combustibles fósiles (CNE, 2018).

⁹ Sector Auto Consumo- Corresponde al sector que genera su propia energía (fotovoltaica) en el mismo o cercano al punto de consumo.

¹⁰ Sector No Energético- corresponde al consumo de productos petroquímicos (etileno y propileno) y a productos especiales (solventes y bases para asfaltos).

TABLA 9 - CONSUMO FINAL SEGÚN ENERGÉTICOS PARA LA REGIÓN DE LOS LAGOS

Año	Diesel y carbón	Gas (GLP + GNC)	Gasolina	Otros derivados petróleo	Electricidad	Kerosene	Biomasa Leña	Total Tcal
2018	2.301	460,2	920,5	306,8	1.534	-----	9.818,2	15.341
Participación	15%	3 %	6 %	2 %	10 %	0 %	64 %	100 %

FUENTE: Adaptado de: CNE, 2018; CDT, 2018

El Consumo y contribución Nacional Residencial según tipo de energético, expresado en la TABLA 10, totaliza 50.763 GWh¹¹ o (43.648 Tcal⁻¹). Este consumo residencial, se encuentra distribuido en 6,28 millones de viviendas con un promedio de (8.083 kWh viv⁻¹ año⁻¹) o (0,006950 Tcal⁻¹); (CDT, 2018), siendo la leña el energético con mayor participación nacional seguido del gas de origen fósil.

TABLA 10 - CONSUMO Y CONTRIBUCIÓN NACIONAL RESIDENCIAL SEGÚN TIPO DE ENERGÉTICO

Año	Leña	Gas (GLP +GNC)	Electricidad	Kerosene	Pellet	Total en Tcal
2018	17.284,1	13.705,5	11.217,5	1.134,8	349,2	43.648
Participación	39,6 %	31,4 %	25,7 %	2,6 %	0,8 %	100 %

FUENTE: Adaptado de: CNE, 2018; CDT, 2018.

El Consumo de Energía Regional Residencial, se expresa en la TABLA 11. Este consumo considera los diferentes energéticos usados en el sector residencial en el total de viviendas en la Región de Los Lagos al Censo del 2017 (332.920 viviendas), siendo la leña el energético de mayor importancia seguido de la electricidad y el gas de origen fósil.

TABLA 11 - CONSUMO DE ENERGÍA REGIONAL RESIDENCIAL SEGÚN ENERGÉTICO

Año	Leña	Electricidad	Gas GLP + GNC	Kerosene	Pellet	Total Tcal
2018	5.451,4	486,3	424,7	61,9	39,5	6.463,6
Participación	85,1 %	7,6 %	5,7 %	0,96 %	0,62 %	100 %

FUENTE: Adaptado de: CNE, 2018; CDT, 2018

El Consumo de Energía Regional Residencial por energético que se expresa en la TABLA 12, considera el consumo energético promedio por vivienda en la Zona Térmica N°6. Esta zona térmica, corresponde al plano de zonificación térmica

¹¹ 1 Gigavatio-hora [GWh] = 8,598 452 × 10⁸ Kilocaloría [kcal] = 0,8598 Teracalorías (Tcal).

climática en que se encuentra inserta la Región de Los Lagos, (CDT, 2018). La leña en el consumo energético residencial regional por vivienda, tiene la mayor significancia, seguido de la electricidad.

TABLA 12 - CONSUMO PROMEDIO DE ENERGÍA POR VIVIENDA SEGÚN ENERGÉTICO

Año	Leña	Electricidad	Gas GLP + GNC	Kerosene	Pellet	Total kWh viv ⁻¹ año ⁻¹
2018	20.079	1.793	1.344	227	147	23.589
Participación	85,1 %	7,6 %	5,7 %	0,96 %	0,62 %	100 %

FUENTE: Adaptado de: CDT, 2018

La matriz energética de la Región de los Lagos alcanzó 16.822 Tcal año⁻¹, equivalente al 5,09% de la matriz primaria nacional. El 42% del consumo final corresponde al sector residencial con 7.065,2 Tcal con una distribución según energéticos de 50 % para biomasa, 10 % electricidad y 40 % combustibles fósiles (CNE, 2019). Sin embargo la TABLA 15 expresa distribución regional del consumo final según energéticos para el año 2018¹².

3 RESULTADOS Y ANALISIS

3.1 GENERACIÓN ENERGÉTICA A PARTIR DE LA LEÑA NATIVA

De las contribuciones por energético en el consumo final regional, se seleccionaron los datos del año 2019 para el energético leña (especie nativa y especie exótico) y año 2018 para los datos de energéticos Electricidad, Gas GLP, Gas GNC, Kerosene, Pellet, estimándose consumo final en 16.822 Tcal y la contribución de la leña en la Región de los Lagos en 5.052 Tcal, ver TABLA 13.

¹² Para el año 2019 son presentadas informaciones oficiales contradictorias tanto en el Anuario Estadístico de Energía como en el Informe del Balance Nacional de Energía suministrado por la Comisión Nacional de Energía del 2019. Por tanto, para fines de este trabajo, no se usarán datos parciales de consumo final año 2019 a partir de publicaciones de esta institución, empleándose solamente las Tcal totales asociadas al consumo final nacional y regional.

TABLA 13 - CONSUMO Y CONTRIBUCION ENERGÉTICA DE LA LEÑA EN EL CONSUMO ENERGÉTICO TOTAL DE LA REGIÓN AÑO 2019

Consumo Energía domiciliario leña (exótica + nativa) Tcal	Consumo energía domiciliario leña (nativa) Tcal	Participación energética leña nat. del total leña regional	Participación energética leña nat. del consumo energético final residencial regional.	Participación energética leña nat. del consumo energético final regional 16.822 Tcal
5.052	3.991,5	79 %	59,1 %	26 %

FUENTE: Adaptado de: REYES, 2020.

La energía, aunque a veces proviene de fuentes renovables, a las que habitualmente las denominamos limpias, no necesariamente son energías que hacen parte de una economía circular, verde, inclusiva y mínima. En el caso de Chile, la pérdida de biodiversidad asociada a diferentes actividades antrópicas, reviste la mayor importancia, debido a que la economía chilena se basa en una economía extractivista de los recursos naturales y es precisamente esta biodiversidad y los servicios ecosistémicos, las que contribuyen sustancialmente al desarrollo económico del país (ENB, 2017). Las principales causas de pérdida de biodiversidad en los ecosistemas terrestres en la zona sur del país son, los incendios forestales, la actividad forestal intensiva, con la consecuente sustitución de especies nativas por exóticas y la tala intensiva del bosque con fines energéticos como la leña. La tala de bosque nativo trae consigo la fragmentación progresiva de los bosques, fragmentación que amenaza la capacidad de los bosques de mantener su biodiversidad, procesos ecológicos y servicios eco-sistémicos de gran importancia para el país (ENB, 2017), que valorados en términos económicos, para (NAVARRO, 2010) alcanza los USD \$ 16.000 millones de dólares anuales. Dada la situación de crisis hídrica regional, el Ministerio de Obras Públicas de Chile (MOP) decretó crisis hídrica en 26 de los 30 municipios de la región (abril 2021), (MOP, 2021). En este contexto, diferentes investigaciones concuerdan que la conservación adecuada de los bosques nativos y la recuperación de los ecosistemas forestales degradados y dañados juegan un rol estratégico importante como protector y amortiguador de los efectos del cambio climático, regulando la temperatura, balance hídrico, calidad del agua, balance de carbono a nivel regional, protección de las cuencas hídricas y sus funciones (RODRÍGUEZ, 2015).

Como consecuencias sociales, el uso de la leña como energético, involucra trabajos precarios, sin previsión social y de salud. Adicionalmente la actividad tiene un gran impacto en la afectación de la salud humana, vinculada a los altos índices de

contaminación atmosférica urbana, situación que se exagera, con la ineficiente combustión de la leña húmeda. (MMA, 2013).

Un factor esencial en el alto consumo energético para calefacción en la región se debe a la baja eficiencia energética de los calefactores y a la aislación térmica estructural de las viviendas construidas antes del año 2007, que adolecen de los estándares de eficiencia contemplados a partir de NCh1079:2008, déficit de aislación térmica, que se evidencia al comparar la cantidad de energía utilizada para calefacción residencial, en las regiones Sur de Chile, que superan entre (1,3 a 4,5 veces) a las utilizadas en otros países, con áreas que tienen un clima similar (INFOR, 2015).

3.2 GENERACIÓN ENERGÉTICA BAJO LA FORMA DE BIOMETANO, PROVENIENTE DE LA BIODIGESTIÓN ANAERÓBICA DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS DE LA INDUSTRIA SALMONERA

Con los datos obtenidos de los potenciales metanogénicos bioquímicos específicos (PME) y los volúmenes regionales de los residuos denominados mortalidad de salmón y residuos de matadero de salmón (MIX), se estimó la producción en m³ de biometano. La producción de biometano regional a partir de los residuos de mortalidad se estimó en 12.359.345 m³ biometano⁻¹ año⁻¹, equivalente a 124,33¹³ Tcal año⁻¹.

La producción de biometano regional a partir de los residuos de matadero denominado MIX (esqueleto, piel y vísceras) se estimó en 76.684.230 m³ biometano⁻¹ año⁻¹, equivalente a 771,46 Tcal año⁻¹. Totalizando una producción de biometano a partir de los dos residuos regionales provenientes de la salmonicultura, de 89.043.575 m³ año⁻¹, equivalentes a 895,8 Tcal año⁻¹.

Comparadas las principales fuentes de energía para uso domiciliario regional en Tcal año⁻¹, con la energía del biometano proveniente de los residuos de la industria salmonera, esta equivale 0,22 veces (22,44%) la energía proveniente de la leña nativa residencial (año 2018), 1,84 veces (184 %) de la energía eléctrica residencial y 2,11 veces (211%) del gas licuado o GLP (año 2018).

Dada la intensiva producción de la industria del salmón, con su consecuente generación de residuos a partir del ciclo de vida del cultivo (fecas, mortalidad salmón,

¹³ Poder Calorífico Superior (PCS) m³ de gas natural corresponde = 11,70 kWh

harina de pescado, proteína soja) y descomposición en el ambiente marino de compuestos con elevada relación Carbono:Nitrógeno ($\sim 3,5$), que favorecen que estas biomásas en los cuerpos de agua, gatillen procesos de eutrofización, acidez y toxicidad tanto de los ecosistemas marinos como en ambientes límnicos (BARRENA; HERNANDO, 2020). Como resultado lo anteriormente citado, se expresa en impactos socio-ambientales negativos, entre lo que se encuentran alteración y pérdida de biodiversidad y los equilibrios tróficos de los ecosistemas, calidad del agua, proliferación de microalgas tóxicas, generación de gases efecto invernadero, (BEVERIDGE, 1986; BUSCHMANN; FORTT, 2005; TEMPORETTI, 1999; SOTO et al., 2001; SOTO et al., 2020;) desequilibrios que tensionan delicadamente las relaciones entre el Estado de Chile, sociedad civil y la industria .

3.3 GENERACIÓN ENERGÉTICA PROVENIENTE DE LA FRACCIÓN ORGÁNICA DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU)

Con los datos obtenidos de los potenciales metanogénicos bioquímicos específicos (PME) de la fracción orgánica de los RSU regionales y su correspondiente volumen regional, se estimó la producción de biometano anual regional en 17.201.075 m³ biometano año⁻¹, equivalente 173,05 Tcal año⁻¹ de energía. Si comparadas en Tcal, las principales fuentes de energía regional para uso domiciliario, con la energía proveniente de los RSU bajo la forma de biometano, esta última equivale al 4,33% de la energía proveniente de la leña nativa residencial, al 35,56 % de la energía eléctrica regional residencial y el 40,8 % del gas licuado o GLP regional (año 2018).

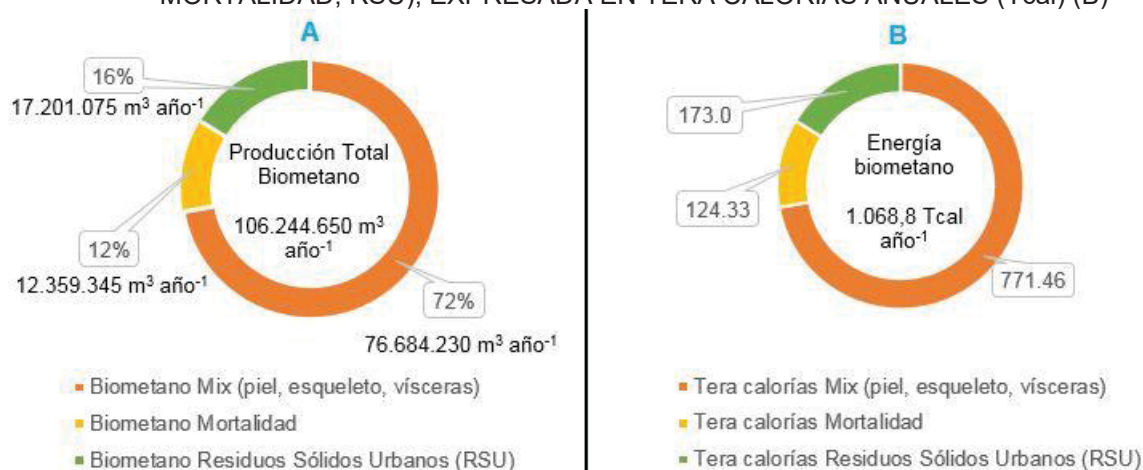
El planeta está experimentando un aumento sostenido en la generación de desechos, estimándose un incremento de un 70 % al 2050 (KAZA et al., 2018). La situación en Chile y la Región de Los Lagos en la gestión de RSU, no escapan a ese aumento, siendo uno de los mayores desafíos del país como política pública en materia de gestión ambiental (BERGAMINI et al., 2017).

La inapropiada gestión de los residuos orgánicos e inorgánicos no sólo contaminan la disponibilidad de agua, generan gases efecto invernadero e impactan en la biodiversidad sino que también en los países subdesarrollados impactan en la salud humana, especialmente a los sectores sociales más pobres. (KAZA et al., 2018).

3.4 SUSTITUCIÓN ENERGÉTICA DE LA LEÑA NATIVA EN LA REGIÓN DE LOS LAGOS POR BIOMETANO

La producción potencial de biometano regional estimada para los tres coproductos (Mix, mortalidad y RSU) es $106.244.650 \text{ m}^3 \text{ año}^{-1}$ que ponderado en su valor económico a noviembre del 2021, se estimó en un ingreso neto de valor USD \$162.439.109. La FIGURA 6 presenta la contribución estimada de biometano de los tres coproductos y la energía total asociada a la producción total de biometano en Tera calorías.

FIGURA 6- PRODUCCIÓN Y CONTRIBUCIÓN REGIONAL ESTIMADA DE BIOMETANO A PARTIR LOS COPRODUCTOS (MIX, MORTALIDAD Y RSU) EXPRESADOS EN MILLONES DE METROS CÚBICOS ANUALES (A) Y LA PRODUCCIÓN Y CONTRIBUCIÓN ENERGÉTICA REGIONAL DEL BIOMETANO A PARTIR DE LOS COPRODUCTOS (MIX, MORTALIDAD, RSU), EXPRESADA EN TERA CALORÍAS ANUALES (Tcal) (B)



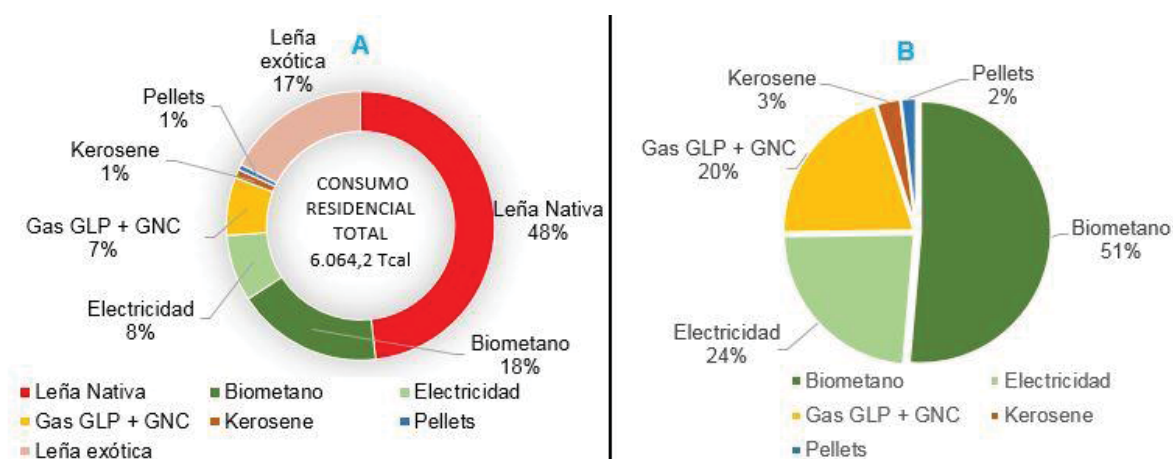
FUENTE: El autor, 2022.

Dada una sustitución energética en el consumo de leña nativa por biometano proveniente de los coproductos (mortalidad y residuos de matadero y RSU), la composición de un nuevo consumo residencial regional según energéticos se expresan en el FIGURA 7.

Resalta la capacidad del biometano originario de los tres coproductos abordados en este trabajo (Mix, mortalidad de salmón y RSU), teniendo un potencial estimado de oferta energética conjunta, superior a cualquier energía fósil, hidráulica, ERNC, leña exótica suministrada en la actualidad en la Región de los Lagos y solo superada por la leña nativa. Estos tres coproductos analizados en su capacidad de

generación de energía, la cual es equivalente en Tcal, al 105.6 % o (~1) veces el consumo final residencial regional excluyendo la leña, ver FIGURA 7 (B). De tal manera que, comparada las Tcal año⁻¹ del biometano producido, con las principales fuentes de energía regional para uso domiciliario, el biometano generado equivale a (26,7%) de la energía proveniente de la leña nativa residencial, (219 %) o 2,19 veces la energía eléctrica regional residencial y (252 %) o 2,52 veces el consumo final de gas licuado o GLP regional (año 2018).

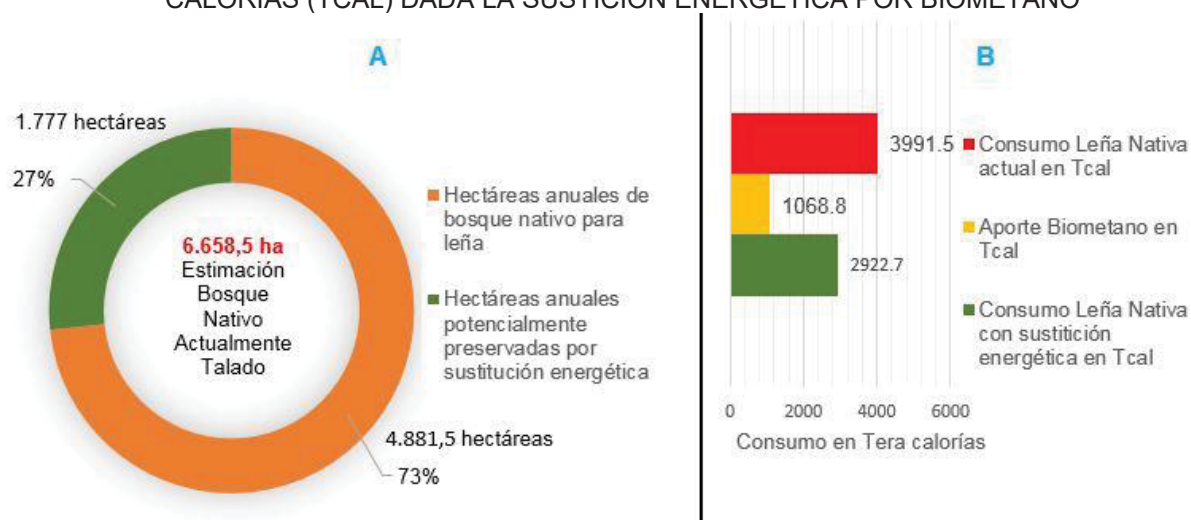
FIGURA 7- CONTRIBUCIÓN EN LA COMPOSICIÓN DEL CONSUMO RESIDENCIAL REGIONAL POR TIPO DE ENERGÉTICO, CON LA PARTICIPACIÓN DEL BIOMETANO EN LA SUSTITUCIÓN ENERGÉTICA DE LA LEÑA NATIVA (AÑO 2019) Y LA PARTICIPACIÓN DE OTROS ENERGÉTICOS (AÑO 2018), AL CONSUMO FINAL RESIDENCIAL REGIONAL, INCLUYENDO LA LEÑA (A) Y EXCLUÍDA LA LEÑA (B)



FUENTE: Adaptado de: CDT, 2018; REYES, 2020

No resulta posible asociar con exactitud las hectáreas taladas de bosque nativo a la producción en m³ de leña o la energía asociada a ella. Sin embargo, del estudio de (GALLARDO, 1998), permitió estimar que la región desforesta (tala rasa y continua), aproximadamente 6.658,5 ha anuales de bosque nativo, ver FIGURA 8 (A). Este estudio ayudo a su vez a estimar, que la energía (1.068,8 Tcal año⁻¹) proveniente de la producción potencial anual de biometano, sería equivale a la energía proveniente de la leña, incluso en 1.777 ha de bosque nativo. Esta equivalencia permite inferir que la energía aportada por la leña nativa al consumo residencial regional, puede ser reducida de 3.991,5 Tcal a 2.922,7 Tcal. Esta reducción de 1.068,8 Tcal, en el consumo regional de leña nativa, tendría como resultado, la reducción del bosque talado en un 27 %, ver FIGURA 8 (B).

FIGURA 8– (A) ESTIMACIÓN DEL BOSQUE NATIVO ACTUALMENTE TALADO, HECTÁREAS POTENCIALMENTE PRESERVADAS POR SUSTITUCION ENERGÉTICA DE LEÑA POR BIOMETANO Y (B) ESTIMACIÓN DEL CONSUMO DE LEÑA EN TERA CALORÍAS (Tcal) DADA LA SUSTICIÓN ENERGÉTICA POR BIOMETANO



FUENTE: Adaptado de: GALLARDO, 1998.

La idea de reemplazar con gas la energía proporcionada por la leña ya es antigua. El Presidente de la República, Ricardo Lagos en el año 2000, propuso que “la contaminación atmosférica en Temuco se solucionaría reemplazando la leña por gas natural”. Sin embargo en esa época existía un acuerdo vigente chileno-argentino para la compra de gas natural (GNC) (REYES; NEIRA, 2012). Adicionalmente, hace 21 años no existía la preocupación por la quema de combustible fósil y los impactos ambientales de la generación de residuos como existe hoy. Una alternativa al gas natural fósil, son las ERNC, sin embargo reemplazar las Tcal año⁻¹ generadas por la leña nativa por ERNC (eólicos, solar), tendría un costo de USD \$ 3.439 millones de dólares (CÁMARA DIPUTADOS, 2020) y generar con ERNC las Tcal equivalentes a las generadas con el Biometano a partir de los residuos orgánicos (RSU, Salmonicultura) tendría un costo de infraestructura de USD \$ 910,3 millones de dólares (CÁMARA DIPUTADOS, 2020), sin embargo pese al costo, no estaríamos dando solución a los impactos de los residuos en el ambiente y adicionalmente estaríamos incurriendo en nuevos impactos socio-ambientales originados por las ERNC.

En Chile se ha definido Pobreza Energética (P.E), cuando no se dispone de energía suficiente para cubrir las necesidades fundamentales y básicas, distinguiéndose 3 dimensiones (Acceso, Equidad y Calidad). La P.E puede encontrarse expresada por sobre el 60% en las ciudades del Sur de Chile, (REDPE,

2018; SCHUEFTAN et al., 2016). Este alto porcentaje se explica en parte, por la gran cantidad de energía que consume una vivienda promedio, en el Sur de Chile.

Para una exitosa sustitución energética, resulta importante aumentar la eficiencia energética. Un factor que afecta la eficiencia energética significativamente es el elevado contenido de humedad de la leña destinada a la calefacción ($\geq 30\%$).

Otro factor importante en el rendimiento calorífico, es la eficiencia de los calefactores utilizados para la combustión y la deficiente o nula aislación térmica de las viviendas. Estimase que el proyecto de ley que regula el uso de la leña como combustible de uso domiciliario y las condiciones para su comercialización (disminución de humedad), podría evitar una disminución del consumo de leña en un 14 % (MINENERGÍA, 2021).

En las viviendas, la reciente Ley N° 21.305 (2021) es un instrumento legal en materia de eficiencia energética residencial, que por sustitución de los calentadores por tecnologías más eficientes, puede disminuir el consumo de leña entre un (20-25%). La eficiencia de las construcciones habitacionales, hechas bajo los estándares de la NCh1079:2008 y NCh1079:2019 pueden reducir la pérdida energética entre un 20% - 40% (para la norma más exigente). Sin embargo las viviendas hechas con anterioridad al año 2007, que representan el 86% (5,26 millones), no poseen dichos estándares de zonificación climática y térmica (CDT, 2019). Los cambios estructurales de aislamiento para estas viviendas, son de alto costo y lentos de implementar, estimándose que la disminución en las necesidades de calefacción, puede acontecer gradualmente a una tasa de sólo un 0,8% anual (CDT, 2019). También se advierten incoherencias entre las política energéticas y forestales al no estar interrelacionadas entre sí y con la realidad local. Las normas de eficiencia energética y zonificación climática para viviendas, por ejemplo, no consideran en las viviendas sociales, un cobertizo que proteja la leña de la lluvia y mantener la certificación de humedad del producto.

En el caso de los RSU, el disponer de materia prima para biometano tiene barreras. A pesar que la Ley N° 20.920 implementada hace más de 5 años, estableciendo el marco para la gestión de residuos, fomento al reciclaje y la responsabilidad extendida del productor (REP). Esta responsabilidad (REP) obliga a empresas productoras (fabricantes e importadoras) a hacerse cargo de los productos prioritarios una vez terminada su vida útil. Sin embargo, esta ley, para diferentes autores no ha tenido el resultado esperado (BERGAMINI, 2017; DUSSAUBAT; TAPIA

2016). Esta ley que ofrecía grandes expectativas a nivel nacional con relación a la autogestión a nivel local de toda la cadena de valor en torno a la gestión de residuos urbanos y generación de energía proveniente de los mismos, pudiendo alcanzar no solo objetivos deseables de eficiencia y seguridad energética local y regional, descongestionando la matriz energética a nivel nacional, sino que además, y más relevante aún para efectos de este trabajo, desalentar el uso de la leña como combustible para la generación de energía. Sin embargo, el diseño de la actual política referente a los RSU, no tiene por objetivo la reducción de la generación de residuos. Los municipios al tener que licitar los servicios de disposición final a empresas contratistas, en la cual se paga por tonelada de residuo que ingresan a los rellenos sanitarios o vertederos, crea un incentivo perverso, que resulta en una mayor generación de residuos y no al incentivo de reducción, reutilización, reciclaje como era el espíritu del legislador.

Así también, existen avances que pueden desarrollarse a través de la normativa legal vigente, particularmente a nivel regional, a través de los propios municipios y las ordenanzas municipales ambientales. Las ordenanzas municipales son las más importantes de las resoluciones edilicias, por cuanto son normas generales y obligatorias dirigidas a la comunidad. La ley 18.695 LOC (Ley Orgánica de Municipalidades), entrega a esta entidad la facultad de dictar ordenanzas municipales en materia ambiental. Esta ley 18.695, en su artículo 4° (BCN), dispone que “las municipalidades en el ámbito de su territorio podrán desarrollar, directamente o con otros órganos de la Administración del Estado, funciones relacionadas con la salud pública y la protección del medio ambiente. En su artículo 5°, del mismo cuerpo legal, se dispone que “Sin perjuicio de las funciones y atribuciones de otros organismos públicos, las municipalidades podrán colaborar en la fiscalización y en el cumplimiento de las disposiciones legales y reglamentarias correspondientes a la protección del medio ambiente, dentro de los límites comunales” y el Artículo 25 dispone, “A la unidad encargada de la función de medio ambiente, aseo y ornato corresponderá velar por”, estableciendo a continuación, una serie de actividades y medidas propias de las municipales, destinadas a concretar su función general de protección del medio ambiente. La letra f) del artículo 25, indica que a dicha unidad le corresponde: “Elaborar el anteproyecto de ordenanza ambiental. Para la aprobación de la misma, el concejo municipal, podrá solicitar siempre un informe técnico al Ministerio del Medio Ambiente (BCN). Es en el marco de estas facultades reglamentarias municipales, y la

facultad de dictar ordenanzas municipales y planes de desarrollo y ordenación territorial, se puede establecer una política energética local o regional de puesta en valor de los residuos urbanos y generación de energía proveniente de los mismos.

En el sector energético, hay iniciativas legales que han servido como un poderoso incentivo a las ERNC y pueden ser importantes instrumentos para viabilizar un cambio en la matriz energética regional y transitar hacia la generación energética a partir del biometano. El Decreto con Fuerza de Ley N° 4, Ley General de Servicios Eléctricos, en materia de energía eléctrica, que establece como obligación en su artículo 150 Bis, de que al menos el 20 % tanto la energía eléctrica que se inyecta al SIC (Sistema Interconectado Central) como la que se retira provenga de energías renovables no convencionales (ERNC). Esta ley asegura al generador que su producción energética ira al SIC, y será adquirida por las distribuidoras y clientes finales obligatoriamente en al menos en un 20% de su consumo, por otra parte la ley 20.805 que crea la figura del cliente libre, un instrumento para impulsar las ERNC a través de la participación de nuevos generadores y diversificando la matriz con nuevas tecnologías (CÁMARA DIPUTADOS, 2020). Estas iniciativas de ley son un importante incentivo para la producción de biometano a partir de todo tipo de residuos, reduciendo la pobreza energética, transitando hacia actividades industriales con mayor sustentabilidad, evitando conflictos socio-ambientales y pérdidas económicas.

4 CONCLUSIÓN

Del análisis de este trabajo, se puede concluir que, la generación energética de tres coproductos de la biomasa, (RSU, mix y mortalidad), combinados con mejoras en eficiencia energética, pueden alcanzar niveles entre sustitución por biometano y disminución en el consumo de energía para calefacción, que pueden superar el 50% del actual consumo energético residencial regional. El hecho que, la equivalencia energética de tan solo 3 coproductos de la biomasa generados en la Región de Los Lagos, sea 1,06 veces (~ 1) el consumo de energía final residencial regional, excluida la leña, da muestra que, la Región de Los Lagos tiene en la biomasa un enorme potencial a ser explorado. Potencial que debe contribuir paralelamente a reducir los elevados niveles de pobreza energética, alcanzando resultados de mayor bienestar socio-ambiental en la región y reducir significativamente la tala de recursos naturales, lo que es estratégico, para mantener el balance hídrico en la región.

Es en este mismo sentido, resaltar que la Región de Los Lagos, es una región por excelencia como generadora de variedad de biomásas, de gran potencial metanogénico. Este trabajo tiene por finalidad permitir reflexionar acerca del valor estratégico energético de la biomasa y fundamentalmente de aquella biomasa proveniente de los residuos, que dispuesta inadecuadamente genera severos impactos socio-ambientales y un derroche de recursos naturales, que pueden ser utilizados para generar energía renovable y abundante. De tal manera, generar energía como biometano a partir de los coproductos de la biomasa, en reemplazo de la leña, permite avanzar hacia una economía circular verde, inclusiva y mínima, promoviendo una matriz energética desconcentrada, con autonomía energética encaminada hacia un desarrollo económico con justicia territorial.

Sin embargo, para una efectiva transición energética que satisfaga el ODS N°7 (Energía Asequible y No Contaminante) y alcance otros ODS, como el N° 1 (Reducción De La Pobreza), 6 (Agua Limpia y Saneamiento), 10 (Reducción De Las Desigualdades), 11 (Ciudades y Comunidades Sostenibles), 13 (Acción Por El Clima), 14 (Vida Submarina), 15 (Vida de Ecosistemas Terrestres), son necesarios cambios en la estructura legal, que vayan en el camino de una mayor descentralización en las decisiones hacia los territorios, confiriendo a estos, una mayor autonomía energética, considerando las diferentes necesidades y las singularidades de los territorios. Entre los cambios legales, se debe comenzar por el texto constitucional, garantizando que las personas tienen, “El derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado”. El que la leña sea el energético de mayor importancia en la matriz energética en la Región de Los Lagos, da cuenta que no existe un acceso equitativo a una energía adecuada, confiable, no contaminante y segura. La intensidad y consecuencias del consumo de leña en la región, constitucionalmente violenta los derechos humanos fundamentales y el medio ambiente. Es necesaria y urgente una transición energética, que nos aleje de una matriz basada en una economía lineal, marrón, no inclusiva y máxima, que no cuida la salud de las personas y desatiende los servicios ambientales del territorio, colocando a las comunidades en situación de vulnerabilidad, para enfrentar los efectos que tiene y tendrá el cambio climático en el territorio, para las actuales y futuras generaciones.

Tal situación también hace reflexionar, sobre la necesidad de cambios normativos, considerando a los territorios en la planificación energética y la relación inseparable entre lo social y la ecología, avanzando en una política energética y

ambiental integrada, descentralizada hacia los Gobiernos Regionales, Comunales y Comunidades en la toma de decisiones.

Con el objetivo de potenciar la desconcentración en la generación de energía regional, se hace necesario una discusión del rol Subsidiario del Estado hacia un rol, que posibilite que los Municipios por sí solos o en alianzas público-comunidad, tengan la capacidad de auto-gestionar la cadena de valor en torno a la gestión de RSU y generación de energía proveniente de los mismos. Generación energética, que deberá tener mayor responsabilidad hacia los trabajadores, consumidores, proveedores, el Estado, medio ambiente y la comunidad, donde los proyectos están insertos.

5 SUGERENCIAS

La necesaria descentralización en la toma de decisiones hacia las regiones y la generación de acertadas políticas públicas regionales en temas como energía, contaminación, ley de la leña como combustible sólido, gestión de residuos y acuicultura, demandan que la información sea de calidad. En el transcurso de este trabajo, pude advertir en la información oficial, ausencias de información relevante, falta de prolijidad técnica, información contradictoria, incluso dentro de una misma institución. Los gobiernos regionales, instituciones públicas y universidades locales, deben trabajar para generar información local, estadísticas confiables, perfeccionando el conocimiento de nuestra realidad local.

Dar inicio a la construcción de un mapa bioenergético del territorio (Región de Los Lagos) que permita analizar, valorizar y tomar decisiones estratégicas para el aprovechamiento de otros coproductos de biomasa, con un criterio en el potencial metanogénico, abundancia, ubicación, disponibilidad e impactos socio-ambientales.

Es necesario generar iniciativas de propuestas de ley, que deberán contar con incentivos y/o obligaciones legales, con el objetivo de incorporar la recuperación energética de los residuos en la organización energética de la matriz regional.

Crear un proyecto de ley de Biogás y Biometano, que permita instaurar un programa de incentivo al aprovechamiento de tales elementos, para que la energía generada a partir de los residuos y cualquier ERNC en la región tenga como prioridad directa o indirecta, primeramente satisfacer las necesidades de energía del territorio donde es producida, atendiendo sustancialmente a minimizar los altos niveles de pobreza energética.

Avanzar en normativas con estándares de eficiencia energética más exigentes, garantizando el derecho a una vivienda digna y adecuada a las necesidades del territorio.

Expresado lo anterior, se debe plantear la creación de una estructura institucional regional (público-privada), para generar rutas estratégicas claras, transparentes y con participación de toda sociedad civil, comprometida en el futuro energético que se quiere construir.

REFERENCIAS

AGUILERA, B., 2017.- Diagnóstico del Potencial de Abastecimiento Energético para las Familias Indígenas Pertenecientes a la Comunidad Tralcao Mapu a Partir de Biogás. Memoria presentada como parte de los requisitos para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela de Agronomía. Universidad Austral de Chile. Valdivia-Chile. Disponible en cybertesis.uach.cl. Acceso en: 7 agosto. 2021.

ROMERO ÁLVAREZ, P. 2015. Incidencia de los Sitios de Disposición Final de Residuos Sólidos Domiciliarios y su Situación Actual a Nivel Nacional. Problemáticas y consecuencias. Disponible en <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/134379>: Acceso en: 7 agosto. 2021.

BARRENA, J. & HERNANDO, M., 2020.- Los Conflictos del Desarrollo en Territorios y Maritorios Indígenas Rurales. Revista electrónica UACH, Valdivia (Chile) Vol.48 Núm .3 (2020), Economía Agraria. Publicado 18 diciembre. 2020. Acceso en: 10 agosto. 2021.

BIBLIOTECA DEL CONGRESO NACIONAL DE CHILE- BCN.. Disponible en: <https://www.bcn.cl/portal/>. Acceso en: 23 octubre. 2021.

BEVERIDGE, M., 1986., Piscicultura en jaulas y corrales. Modelos para calcular la capacidad de carga y las repercusiones en el ambiente. FAO Doc. Téc. Pesca 255, 1-100.

BLEY, C. JR., 2015.- Biogás, A Energia Invisível. Planeta, São Paulo- Brasil. ISBN 978-85-67785-04-2. p178

BUSCHMANN, A; FORTT, A., 2005.- Efectos ambientales de la acuicultura intensiva y alternativas para un desarrollo sustentable. Revista Ambiente y Desarrollo (Chile) 21: 58-64

BUSTOS,Y ; FERRADA L, 2017.- Consumo Residencial de Leña, Análisis para la Ciudad de Osorno en Chile. Universidad de Los Lagos, Departamento de Ciencias Administrativas y Económicas, Osorno, Chile. Versión On-line ISSN 0718-3429. Disponible en.

https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-34292017005000024&script=sci_arttext. Acceso en: 20 agosto. 2021.

CÁMARA DIPUTADOS 2020.- Moción Boletín N° 13287-08. Modifica la ley N°21.185 de 11/03/2020. Disponible en:

<http://www.camara.cl/sala/verComunicacion.aspx?comuid=53551&formato=pdf> .

Acceso en: 22 oct. 2021.

CDT, 2018.- Usos De La Energía De Los Hogares Chile 2018. Fecha Publicación: Diciembre 2019.

Disponible

en:

https://www.energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/informe_final_caracterizacion_residencial_2018.pdf. Acceso en: 10 octubre. 2021

CELIS, J; SANDOVAL, M; BARRA, R., 2008.- Respuesta de las Plantas a los Desechos de Salmón y Lodos de Aguas Residuales Utilizados como Fertilizante Orgánico en dos Suelos Degradados en Condiciones de Invernadero. El chileno J. Agric. Res. , Chillán, v. 68, n. 3, pág. 274-283, sept. 2008. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/48198226_Efecto_de_enmiendas_con_lodos_urbanos_y_de_salmonicultura_en_la_estructura_de_un_Entisol_y_un_Alfisol_en_Chile . Acceso en: 15 agosto. 2021.

COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA- CNE,- Anuario Estadístico De Energía 2017. Ministerio de Energía. Disponible en. <http://energiaabierta.cl/reportes/anuario-estadistico-de-energia-2017/> Acceso en: 22 octubre. 2021.

COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA- CNE,- Anuario Estadístico De Energía 2018. Ministerio de Energía. Disponible en. <https://www.cne.cl/wp-content/uploads/2019/04/Anuario-CNE-2018.pdf> Acceso en: 22 octubre. 2021

COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA- CNE,- Anuario Estadístico De Energía 2019. Ministerio de Energía. Disponible en. <https://www.cne.cl/nuestros-servicios/reportes/informacion-y-estadisticas/> Acceso en: 22 octubre. 2021.

COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA- CNE,- Anuario Estadístico De Energía 2020. Ministerio de Energía. Disponible en. <https://www.cne.cl/wp-content/uploads/2021/12/AnuarioCNE2020.pdf> Acceso en: 22 octubre. 2021.

COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA - CNE,- Reporte Sector Energético Enero 2021. Reporte Mensual Sector Energético. Ministerio de Energía. Disponible en: [http://energiaabierta.cl/reportes/?key=&organismo-r=cne&from=2021&to=2021&lang=](http://energiaabierta.cl/reportes/?key=&organismo=r=cne&from=2021&to=2021&lang=) Acceso en: 12 agosto. 2021.

CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL –CONAF,-. Diagnóstico de Medios, Estándares y Actores Involucrados en el Proceso de Comercialización de Leña, en el Marco de la Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales (ENCCRV). Santiago, Chile: Corporación Nacional Forestal 2017

CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL – CONAF.- Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales, 2017-2025.

DONATO, R; FERREIRA, L., 2013.- Sustentabilidade na Era das Conferências Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento - Um Olhar Para Ecologia E Economia Ambiente & Sociedade, vol. XVI, núm. 1, enero-marzo. 2013, pp. 1-18 Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade Campinas, Brasil

DUSSAUBAT, J.P. Y TAPIA, C. (2016). Ley de Fomento al Reciclaje: Hacia la Responsabilidad Extendida del Productor. Revista de Derecho Ambiental, 8, 21-47. ESTRATEGIA NACIONAL DE BIODIVERSIDAD 2017-2030 -ENB, 2017.-. Departamento de Políticas y Planificación de la Biodiversidad División de Recursos Naturales y Biodiversidad. Ministerio del Medio Ambiente. Disponible en: https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/03/Estrategia_Nac_Biodiv_2017_30.pdf. Acceso en: 14 agosto. 2021.

FRANCHI-ARZOLA, I., 2016.- Evaluación de la Sostenibilidad de Plan de Gestión de Residuos Sólidos Municipales en una Región de la Patagonia Chilena. Conama 2016. Disponible en www.conama2016.org. Acceso en: 19 agosto. 2021.

GALLARDO, R. 1998.- Caracterización de los Sistemas De Producción, Comercialización y Abastecimiento de Leña Para la Ciudad de Puerto Montt, X Región. Memoria para optar al título profesional de Ingeniero Forestal. Universidad De Chile Facultad De Ciencias Agrarias y Forestales Escuela De Ciencias Forestales Departamento de Manejo De Recursos Forestales. Santiago – Chile 1998.

GORE LOS LAGOS.- Gobierno Regional de la Región de Los Lagos de Chile. Información de la Región. Disponible en: https://www.goreloslagos.cl/region_lagos/antecedentes_region.html. Acceso en: 14 agosto. 2021.

HUNEEUS, N., GALLARDO, L., BASOA, K., TOLVETT, S., OSSES, M., BUSTOS, S., BARRAZA, J., OGAZ, G. (editores) (2020), Mitigación de Carbono Negro en la Actualización de la Contribución Nacionalmente Determinada de Chile: Resumen para tomadores de decisión. Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia para el Ministerio del Medio Ambiente a través de Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la iniciativa Supporting National Action and Planning on Short-Lived Climate Pollutants (SNAP), 32 pp. Disponible en: <http://www.cr2.cl/carbononegro/> . Acceso en: 20 agosto. 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE LA MADERA - INFOR.- Sistema de Monitoreo del Consumo de Leña y otros Biocombustibles Sólidos, René Reyes. Investigador INFOR. Julio 2020. Disponible en: https://www.infor.cl/index.php/?option=com_infor&view=ponencias Acceso en: 17 agosto. 2021.

KAZA, SILPA; YAO, LISA C .; BHADA-TATA, PERINAZ; VAN WOERDEN, FRANK. 2018. What a Waste 2.0: Una Instantánea Global de la Gestión de Residuos Sólidos hasta 2050. Desarrollo Urbano;. Washington, DC: Banco Mundial. © Banco Mundial. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317> Licencia: CC BY 3.0 IGO”. Acceso en: 3 octubre. 2021.

LACHMAN, J; BISANG, R; OBSCHATKO, E; TRIGO, E., 2020.- Bioeconomía: Una Estrategia de Desarrollo para la Argentina del Siglo XXI. Impulsando a la bioeconomía como modelo de desarrollo sustentable: entre las políticas públicas y las estrategias privadas. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 2020. Disponible en <http://www.iica.int>

IPCC, 2006.- Methodological Choice and Identification of Key Categories. En H.S. Eggleston, L. Buendía, K. Miwa, T. Ngara y K. Tanabe, IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Kanagawa, Japan: The National Greenhouse Gas Inventories Program

IPCC, 2021.- Intergovernmental Panel On Climate Change (IPCC). Comunicado de Prensa del IPCC, 9 agosto. 2021. Informe sobre el clima (2021).El cambio climático es generalizado, rápido y se está intensificando. Disponible en: <https://www.un.org/es/climatechange/reports>

NAVARRO, C., E. GUERRA, F. CELIS & J. PINARES. 2010. Mercado y Potencial Económico: Actualidad y Desafíos del Bosque Nativo. Revista Bosque Nativo 47:18-22.

MINISTERIO DE ENERGIA., 2012.- Guía de Planificación para Proyectos de Biogás en Chile 2012. Proyecto Energías Renovables No Convencionales (MINENERGÍA/GIZ). Santiago de Chile. ISBN: 978-956-8066-14-7. 134 p

MINENERGIA, 2021.- Ministerio De Energía Celebra Aprobación de Nueva Regulación para Uso de la Leña como Combustible Domiciliario Certificado. Departamento Prensa, Ministerio de Energía 17 agosto. 2021. Disponible en <https://energia.gob.cl/noticias/nacional/ministerio-de-energia-celebra-aprobacion-de-nueva-regulacion-para-uso-de-la-lena-como-combustible-domiciliario-certificado>

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. , 2018.- Cuarto Reporte del Estado del Medio Ambiente. RESIDUOS. Departamento de Información Ambiental División de Información y Economía Ambiental Ministerio del Medio Ambiente. 2018 p.68. Disponible en <https://sinia.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2019/01/Cuarto-reporte-del-medio-ambiente-compressed.pdf>

ODEPA, 2020.- Información Regional 2019. Actualización enero de 2020. Publicación de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (Odepa) del Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile.. <https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2020/02/Los-Lagos.pdf>

PALANECK, R., 2015.- Evaluación y Comparación del Potencial Metanogénico Bioquímico Específico, Proveniente de Materias Fecales de la Salmonicultura de Agua Dulce de Chile y las Pecuarias (aves, cerdos, ganado de leche) en Brasil. Tesis presentada para optar al título de Especialista em mudanças climáticas, projetos sustentáveis e mercado de carbono. Universidade Federal Do Paraná, Curitiba, Paraná. Disponible en: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/44362/R%20-%20E%20-%20RODOLFO%20WALTER%20PALANECK%20ALVARADO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

PALANECK, R., 2018.- Evaluación del Potencial Metanogénico Bioquímico Específico, Proveniente de Biomasa Generada a Partir de Mortalidades de Salmónidos Ocurridas en una Piscicultura en el Sur de Chile. Tesis de Maestría. Tesis presentada para optar al grado de Magister en Ingeniería Ambiental. Universidad Nacional del Comahue (UNCO) Neuquén–Argentina.

PLAN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO – PNUD, Apoyo del PNUD para la Implementación de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Recuperado el 23 febrero. 2016 de:

<http://www.cl.undp.org/content/undp/es/home/librarypage/poverty-reduction/undp-support-to-the-implementation-of-the-2030-agenda.html> Acceso en:7 agos. 2021.

PROBIOGAS, 2010.- Guia Prático do Biogás Geração e Utilização, publicado pela Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR) .5ª edição, Gülzow, 2010, p.233.

REDPE, 2018.- Políticas Públicas y Pobreza Energética en Chile: ¿Una Relación Fragmentada?. DOCUMENTO DE TRABAJO N°2. Agosto, 2018 ISBN: 978-956-398-073-8

REDPE (Red de Pobreza Energética) (2020). Caracterización del Mercado de la Leña en Chile y sus Barreras para la Transición Energética. Documento de Trabajo. Disponible en: www.pobrezaenergetica.cl

REYES, R. Y E. NEIRA (EDS). 2012. Leña, Energía Renovable para la Conservación de los Bosques Nativos de Chile. Agrupación de Ingenieros Forestales por el Bosque Nativo. MIRA ediciones, Valdivia, Chile.

REYES GALLARDO, R., SCHUEFTAN, A., RUIZ, C. (2018). Control de la Contaminación Atmosférica en un Contexto de Pobreza de Energía en el Sur de Chile: Los Efectos no Deseados de la Política de Descontaminación. Bosques energía sociedad n°9. Santiago, Chile: INFOR. <https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/document/133085>

ROJAS, N., 2020.- Evaluación de dos Residuos Pecuarios en la Elaboración de un Biofertilizante Empleando Fermentación Anaerobia. Trabajo de grado para optar al Título de Magíster en Biotecnología. Universidad Pontificia Bolivariana Escuela De Ingenierías Maestría En Biotecnología Medellín, Colombia, 2020.

ROMÁN, B., & LOZADA, P. (2016). Encadenamientos Productivos de Leña y Madera Nativa en las Regiones de Los Ríos y Los Lagos y Propuestas para su Desarrollo 2016: Metodología participativa para el análisis de encadenamientos productivos: el caso de la leña en el sur de Chile. Valdivia, Chile: AIFBN

ROMERO, P. 2015. "Incidencia de los Sitios de Disposición Final de Residuos Sólidos Domiciliarios y su Situación Actual a Nivel Nacional: Problemáticas y Consecuencias". Memoria para optar al título de Geógrafo. Universidad de Chile.

SALMON CHILE., 2021.- Asociación de la Industria del Salmón de Chile A.G. - Salmon - Chile. Disponible en: <http://www.salmonchile.cl/es/quienes-somos.php> acceso.

SALMON EXPERT., 2020. Transformación Energética de la Salmonicultura. Revista N° 85 Año10, Agosto. 2020, www.salmonexpert.cl. Disponible en: <https://www.salmonexpert.cl/profile/magazines/133085>

SGS 2018. INFORME 1 “Diagnóstico de la Situación por Comuna y por Región en Materia de RSU y Asimilables” Subsecretaría De Desarrollo Regional Y Administrativo (SUBDERE) Programa Nacional De Residuos Sólidos 03 julio. 2018. Disponible en http://www.subdere.gov.cl/sites/default/files/4.1_diagnostico_introduccion_agosto_2018.pdf

SCHUEFTAN, A., SOMMERHOFF, J., GONZÁLEZ, A. 2016. Firewood Demand and Energy Policy in South-central Chile. Energy for Sustainable Development 33:26-15. <http://redesvid.uchile.cl/pobreza-energetica/wp-content/uploads/2017/11/ESD-.pdf>

SEGUI, L., MEDINA, R., GUERRERO, H. 2018.- Gestión de Residuos y Economía Circular. EAE Business School 2018. España ISBN: 978-84-17476-28-1.

Disponible en:

https://scholar.google.cl/scholar_url?url=https://www.diarioabierto.es/wp-content/uploads/2018/09/Gestion_residuos_EAE.pdf&hl=es&sa=X&ei=8nvbYd-tH474yASph7CoAw&scisig=AAGBfm0A7X53JQJA2Mjtt_BUeFk4Kr_T0A&oi=scholar

SHULZ, F., 2015. Biodigestão Anaeróbia da Fração Orgânica dos Resíduos Sólidos Urbanos. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UVRS). São Leopoldo (RS):UVRS, 2015.

SOTO, D. F. JARA Y C MORENO. 2001. Escaped Salmon in the Chiloe and Aysén Inner Seas, Southern Chile: Facing Ecological and Social Conflicts. Ecological Applications Vol. 11, No. 6, pp. 1750-1762.

SOTO, D. J LEÓN-MUÑOZ, SORIA-GALVARRO, R QUIÑONES., 2020.- Propuesta de Indicadores Ecosistémicos para el Desempeño Ambiental de la Salmonicultura en Cuerpos de Agua de los Mares Interiores del Sur de Chile. Propuesta de Indicadores Ecosistémicos para el Desempeño Ambiental de la Salmonicultura, enero. 2020 Centro Interdisciplinario para la Investigación Acuícola. Disponible en: https://arclim.mma.gob.cl/media/informes_consolidados/01_ACUICULTURA.pdf

TEMPORETTI, P., 1999.- Dinámica del Fósforo en Cuerpos de Agua con Cría Intensiva de Salmónidos. Tesis presentada para optar al título de Doctor en Ciencias Biológicas. Centro Regional Universitario, Universidad Nacional Del Comahue, Bariloche. Argentina Acceso en: 5 agosto. 2021.

VDI-4630., 2006 Fermentation of Organic Materials, Characterization of the substrate, sampling (Collection of material data, fermentation tests). Düsseldorf, Germany.

VERA, N., 2009.- Formulación de un Modelo de Planificación de la Producción para una Empresa Pesquera. Memoria presentada como parte de los requisitos para optar al título de Ingeniero en Alimentos. Escuela de Ingeniería en Alimentos, Universidad Austral de Chile. Valdivia-Chile, 2009.

WEYLAND,F., & ZACCAGNINI, M.,2008.- Efectos de las Terrazas Sobre la Diversidad de Artrópodos Caminadores en Cultivos de Soja. Ecología Austral, Asociación Argentina de Ecología. Vol. 18 Núm. 3 (2008). Publicado: 1 diciembre. 2008