



Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura



Universidad de Concepción



EULACHILE

ANÁLISIS DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI) (PRODUCTO 10) DEL PROYECTO:

Recoger, levantar y sistematizar insumos para elaborar el Plan de Acción Regional de Cambio Climático (PARCC) de la Región del Biobío

Abril 2024

1.	PRESENTACIÓN Y CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS	2
2.	EVOLUCIÓN EMISIONES DE LA REGIÓN. GASES DE EFECTO INVERNADERO. PERÍODO 2010-2020	3
3.	EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO. ANÁLISIS POR SECTOR. AÑO 2020	6
3.1	Sector Energía	7
3.1.1	Industrias de la energía.....	8
3.1.2	Transporte.....	9
3.1.3	Industrias manufactureras y de la construcción	10
4.	EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO Y CARBONO NEGRO. ANÁLISIS POR PROVINCIAS Y COMUNAS. AÑO 2020.....	11
4.1	Gases de Efecto Invernadero.	11
4.2	Emisiones de Carbono Negro	13
5.	INDICADORES DE INTENSIDAD DE CARBONO	15
5.1	Indicadores regionales	19
5.1.1	Emisiones regionales per cápita.....	19
5.1.2	Intensidad en carbono regional	19
5.1.3	Emisiones regionales por unidad de consumo final de energía	20
5.2	Indicadores comunales.....	21
5.3	Indicadores sectoriales.....	24
5.3.1.	Intensidad en carbono de la Generación eléctrica	24
5.3.2.	Intensidad en carbono de la refinación de petróleo	24
5.3.3.	Intensidad en carbono del transporte terrestre	25
5.3.4.	Industria manufacturera y de la construcción	26
6.	CONCLUSIONES	27
6.1	Emisiones de GEI	27
6.2	Emisiones de Carbono Negro	28
6.3	Indicadores territoriales y de intensidad en carbono sectoriales.....	28



7. Anexo 1. Detalle de emisiones y absorciones según categorías de fuentes y sumideros de GEI. Inventario Región del Biobío (*Fuente: MMA*)..... 29

1. PRESENTACIÓN Y CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS

Este documento contiene el producto: **Análisis de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)** del proyecto “Recoger, levantar y sistematizar insumos para elaborar el Plan de Acción Regional de Cambio Climático (PARCC) de la Región del Biobío” (GCP/CHI/057/GCR).

El análisis del inventario de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y Carbono Negro (CN) fue realizado en base a información oficial proporcionada por el Ministerio del Medio Ambiente, para el período comprendido entre los años 2010 y 2020. Las fuentes consultadas son las siguientes:

- Cyclo. 2023. Informe Inventario de Gases de Efecto Invernadero Comunal para la Región del Biobío.
- Ministerio del Medio Ambiente, Chile. Sistema Nacional de Inventario de Gases de Efecto Invernadero de Chile (SNICHILE). Inventarios Regionales. snichile.mma.gob.cl.

El inventario considera cuatro sectores o categorías de fuentes y sumideros de GEI, de acuerdo a las **Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero¹** :

- **Energía:** Contabiliza las emisiones por quema de combustibles con fines energéticos y la generación de emisiones por transporte, producción y almacenamiento de combustibles.
- **Procesos industriales y uso de productos (IPPU):** Contabiliza las emisiones generadas por el cambio físico químico de materias primas en proceso industriales y las generadas directamente por el uso de productos.
- **Agricultura:** Contabiliza las emisiones producto de las actividades agropecuarias y el uso de fertilizantes
- **Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura (UTCUTS):** Contabiliza las emisiones y absorciones producto de los distintos tipos de tierras, suelos y plantaciones.
- **Residuos:** Da cuenta de las emisiones resultantes de los procesos microbiológicos anaeróbicos en la fracción orgánica de residuos sólidos, tratamiento biológico de residuos, además de la incineración y tratamiento anaeróbico de aguas residuales.

Estas categorías se encuentran desagregadas en una serie de subsectores y actividades. El detalle de las actividades específicas consideradas dentro de cada sub categoría se presenta en el anexo 1, junto al resultado detallado del inventario para GEI. A continuación se presentan los resultados para el inventario de emisiones de GEI y CN para la Región del Biobío, en el período 2010-2020. La información se organiza de la siguiente manera:

- Evolución de emisiones de GEI, período 2010-2020. Escala regional
- Balance de emisiones de GEI por categoría, año 2020. Escala regional.
- Balance comunal de emisiones de GEI y CN a escala comunal. Año 2020.

¹ [Publications - IPCC-TFI \(iges.or.jp\)](http://publications-ipcc-tfi.iges.or.jp)



- Propuesta de indicadores de intensidad en carbono² a escala regional, comunal y sectorial.
- Anexo 1: Detalle de emisiones y absorciones de GEI por categoría, subcategorías y actividades específicas.

2. EVOLUCIÓN EMISIONES DE LA REGIÓN. GASES DE EFECTO INVERNADERO. PERÍODO 2010-2020

La figura 1 muestra el balance de emisiones totales de GEI de la Región del Biobío para el período analizado, además de la evolución del aporte de las emisiones regionales al total nacional. Se observa que, en la última década, **las emisiones netas de la región crecieron en 54,6%**, pasando de 7.375,7 kt CO_{2eq} en 2010 a 11.549,2 kt CO_{2eq} en 2020. También se observa un máximo de emisiones en el año 2017 (27.140,8 kt CO_{2eq}), asociado a los incendios forestales de enero de ese año. En efecto, como se verá más adelante (Figura 2), esos eventos significaron un aumento significativo de emisiones de la categoría UTCUTS, pasando la región de un balance negativo asociado a las absorciones a uno positivo en más de 15.000 kt CO_{2eq}. Finalmente, también se constata que en la última década **la región ha aportado significativamente a las emisiones nacionales**, con cifras que fluctúan entre 33,5% en el año 2010 a 20,7% en 2020.

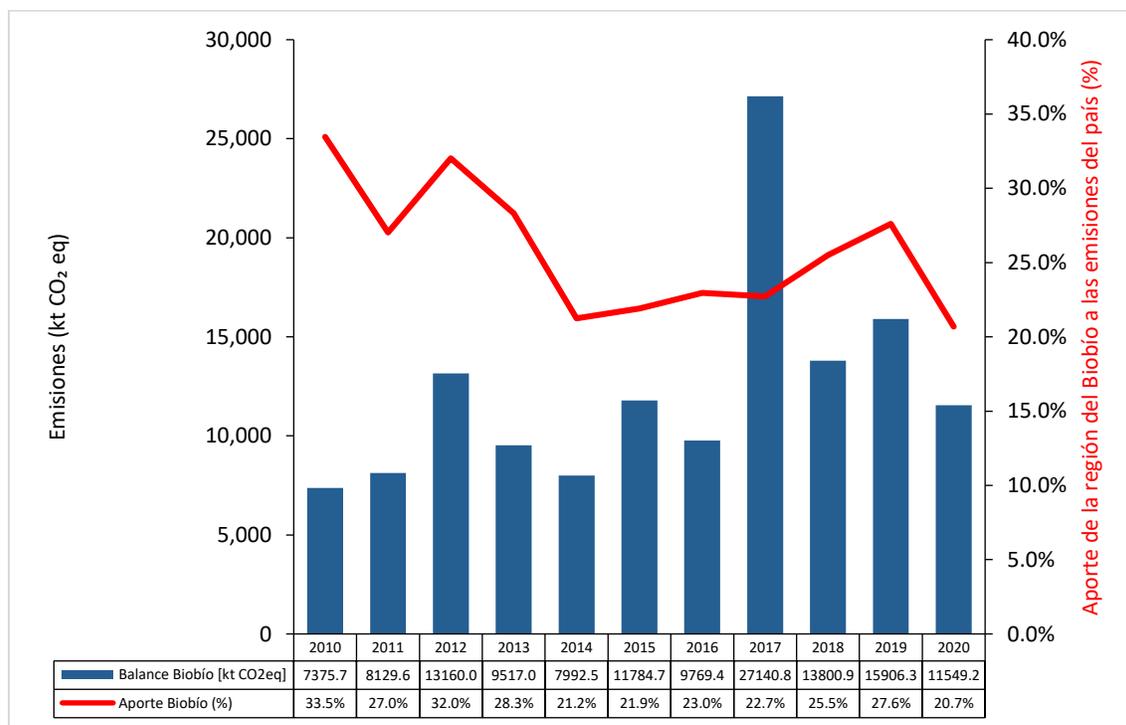


Figura 1. Balance de emisiones de GEI de la Región del Biobío y aporte al total nacional. Período 2010-2020. Fuente: MMA

² La intensidad en carbono se refiere a las emisiones de GEI en relación a un determinado nivel de actividad de un sector o área geográfica.



En la figura 2 se presenta la contribución de las distintas categorías de fuentes y sumideros de GEI a las emisiones totales regionales en el período analizado. Estos mismos resultados se representan en porcentajes brutos, excluyendo UTCUTS, en la figura 3a. Se destaca que sistemáticamente **el sector predominante en materia de emisiones es Energía**, dando cuenta de más del 70% de las emisiones netas en 2010 (4.899 kt CO_{2eq}) y 82,8% en 2020 (9.308 kt CO_{2eq}). La tendencia creciente de las emisiones del sector energía se producen especialmente entre los años 2011 y 2012 con la entrada en operación de las centrales a carbón Santa María (Colbún) y Bocamina II (Endesa), ambas en la comuna de Coronel.

Al excluir las actividades de energía eléctrica (Figura 3b) se observa que el aporte del sector energía caen a cifras cercanas al 70%. Dada la relevancia de este sector y sus distintos subsectores, éste es analizado con mayor profundidad en la sección 3.1 de este informe)

Por otro lado, se constata que el aumento significativo de las emisiones del año 2017 se asocia principalmente a la categoría UTCUTS, asociado a los incendios forestales de ese año.

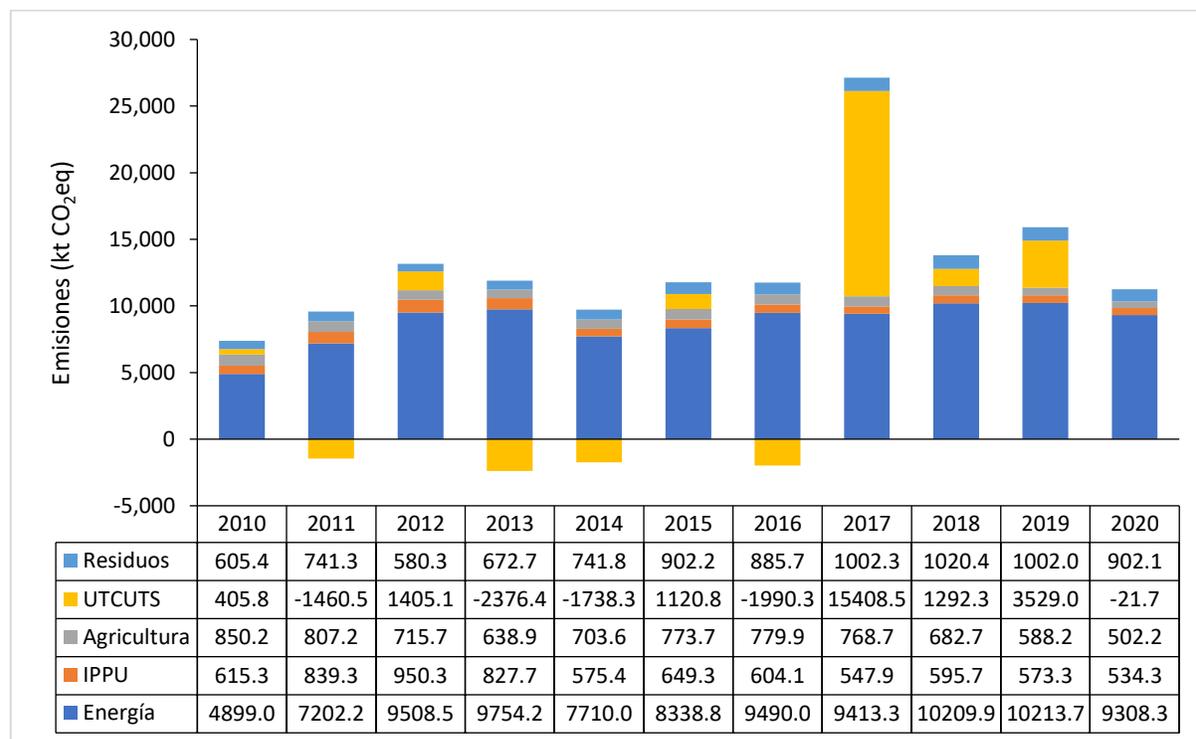
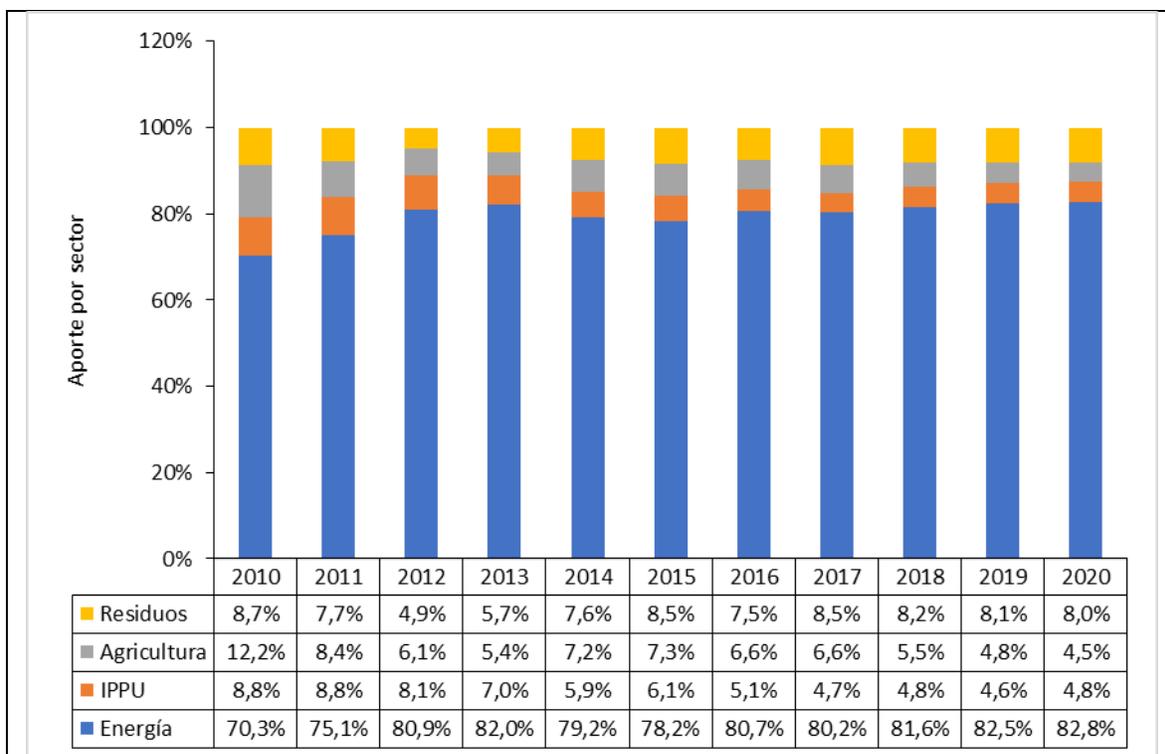
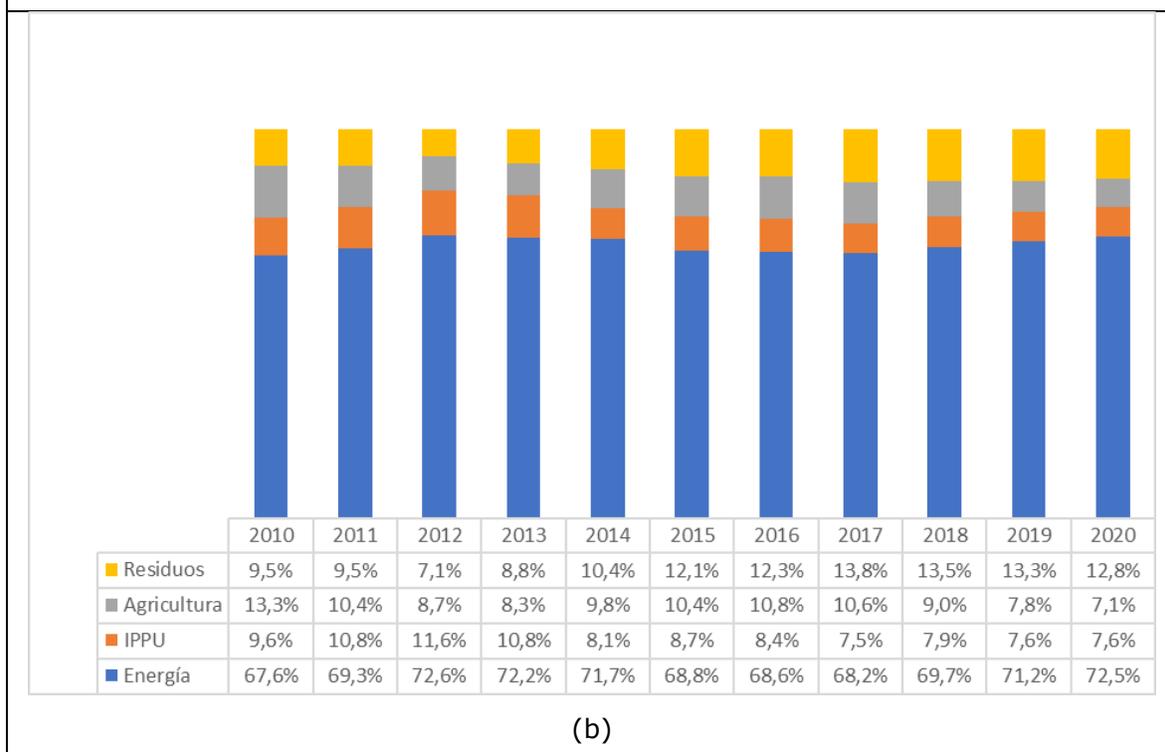


Figura 2. Balance de emisiones de GEI de la Región del Biobío. Aporte por sector. Período 2010-2020. Fuente MMA



(a)



(b)

Figura 3. Balance de emisiones de GEI de la Región del Biobío. (a) Aporte porcentual por sector, excluyendo UTCUTS, (b) Aporte porcentual por sector, excluyendo UTCUTS y Generación Eléctrica Período 2010-2020. Fuente MMA

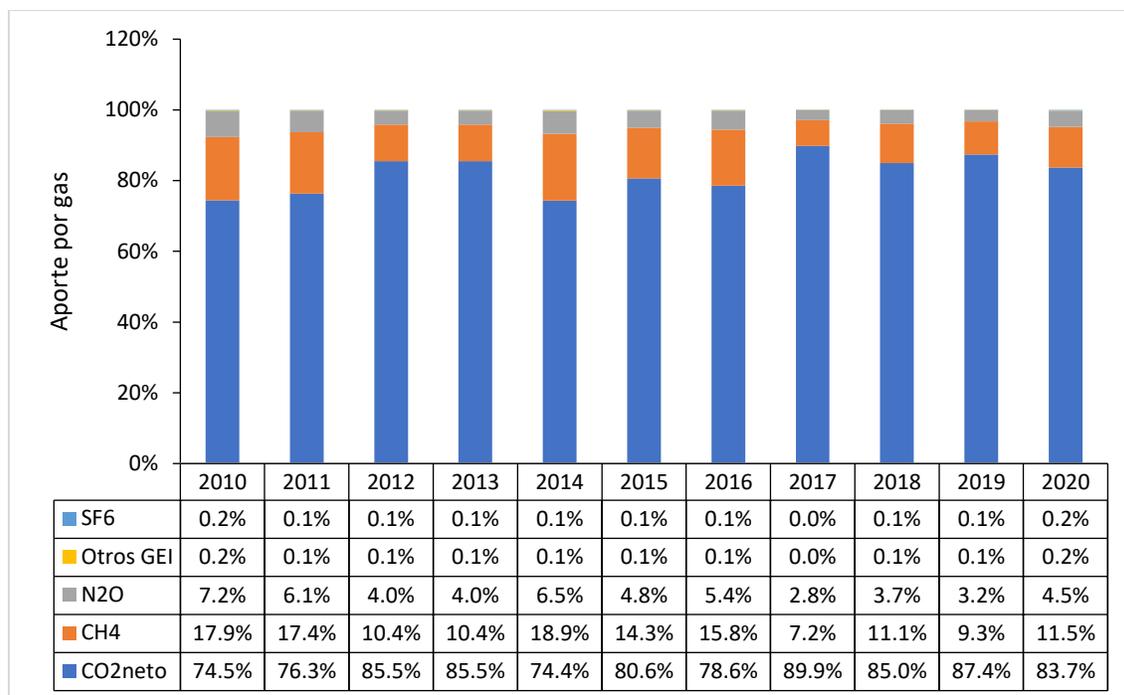


Figura 4. Balance de emisiones de GEI de -la Región del Biobío. Aporte porcentual por gas. Período 2010-2020. Fuente MMA

La figura 4 presenta el balance de emisiones de GEI desagregado por gases. Se observa que el gas que mayor aporte representa en el balance de emisiones es CO₂ neto (emisiones brutas menos absorciones), dando cuenta en promedio de más del 80% de éstas. Este resultado es concordante con la predominancia del sector Energía en las emisiones regionales, y en particular la categoría de Quema de Combustibles, como se analiza en la sección siguiente.

3. EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO. ANÁLISIS POR SECTOR. AÑO 2020

En esta sección se analiza con un mayor grado de detalle el inventario de emisiones del año 2020. Como se observa en la figura siguiente y como se ha comentado previamente, el sector Energía dio cuenta del 82% del total de las emisiones netas de la región. Dada la relevancia de este sector, el detalle de sus emisiones por subcategoría se presenta en la sección 3.1.

A este sector lo sigue Residuos (8,01%), IPPU (4,74%) y Agricultura (4,46%). La categoría UTCUTS se representa con cifras negativas (-0,19%) debido a su carácter de sumidero (absorciones>emisiones).

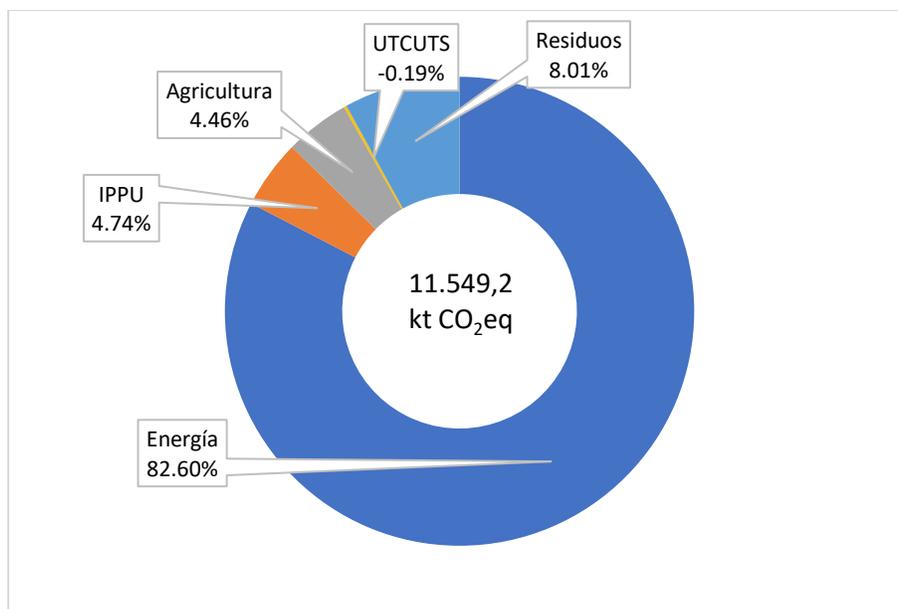


Figura 5. Aporte porcentual de sectores a emisiones de la Región del Biobío. Año 2020. Fuente: MMA

3.1 Sector Energía

Como se indicó previamente, en el año 2020 (así como en todo el período analizado) el sector predominante en materia de emisiones correspondió a Energía, dando cuenta del 82,6% de las emisiones, lo que equivale a 9.308,3 kt CO₂eq. Como se observa en la figura siguiente, **al interior de este sector la casi totalidad de las emisiones (99,43%) provienen de la categoría "Actividades de quema de combustibles"** (Código IPCC 1.A). Emisiones menores (0,57%) provienen de la subcategoría "Emisiones fugitivas de combustibles" (Código IPCC 1.B).

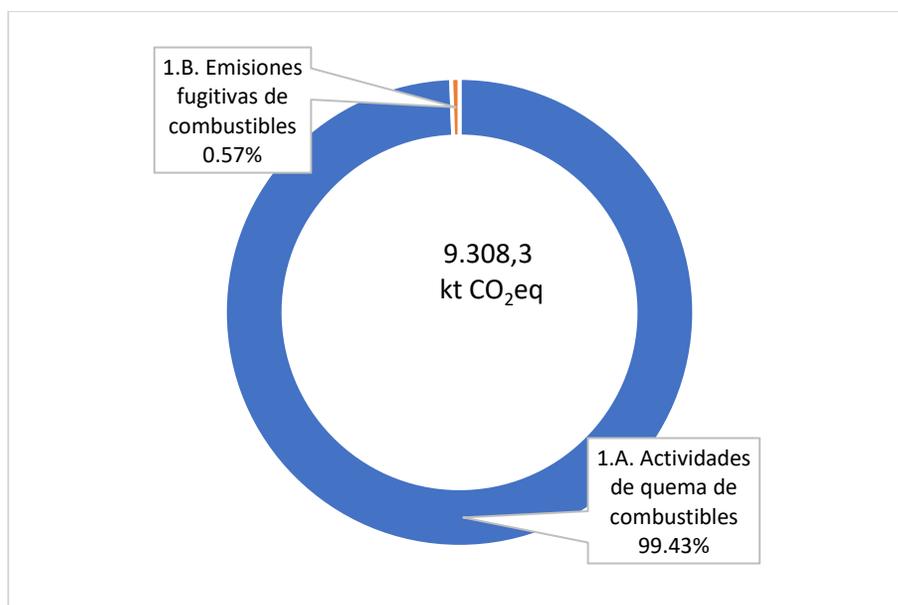


Figura 6. Distribución global emisiones GEI sector energía de la Región del Biobío. Año 2020. Fuente: MMA



La figura siguiente representa el detalle de la composición de las emisiones de la subcategoría 1.A, quema de combustibles. Se destaca que la mayoría de las emisiones (53%) provienen de las "Industrias de la Energía" (Código IPCC 1.A.1), seguidas de "Transporte" (Código IPCC 1.A.3) con 28% e "Industria manufacturera y la construcción" (Código IPCC 1.A.2", con el 13%. Finalmente, "Otros sectores" (Código IPCC 1.A.3) tienen una contribución minoritaria (5%).

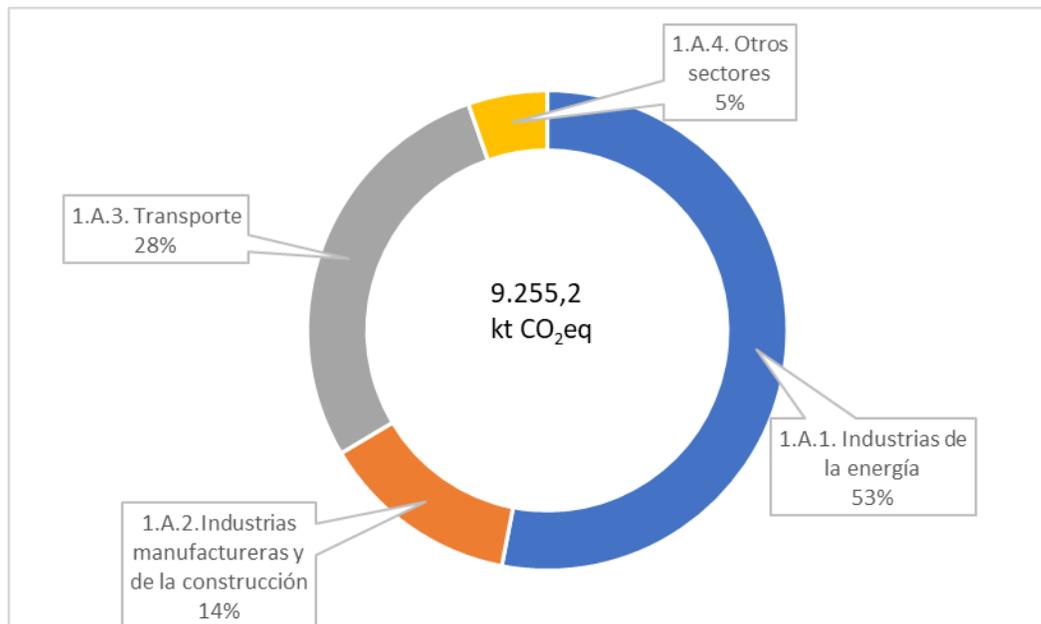


Figura 7. Distribución de emisiones. Actividades de quema de combustibles. Año 2020. Fuente: MMA

3.1.1 Industrias de la energía

Como se destacó previamente, dentro de la categoría "Actividades de quema de combustibles" (IPCC 1.A), a su vez dominante en el sector Energía, la mayoría de las emisiones provienen de las industrias de la Energía (IPCC 1.A.1), representadas en la figura siguiente. En dicha figura se observa que la principal actividad emisora corresponde a "Producción de electricidad", concordante con el carácter generador de energía termoeléctrica de la región, especialmente en la comuna de Coronel (ver análisis comunal en sección 4). Las actividades de refinación de petróleo representan cerca del 11% de las emisiones y se asocian exclusivamente a la refinería ENAP Biobío de la Comuna de Hualpén, una de las dos refinerías de mayor envergadura que existe en el país.

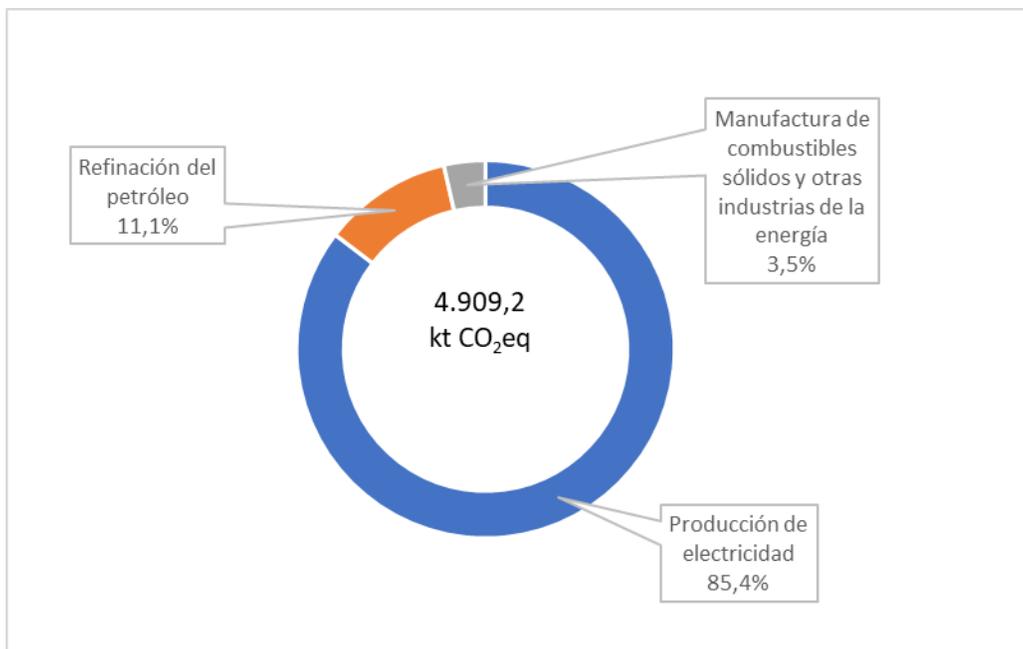


Figura 8. Distribución de emisiones. Industrias de la energía Año 2020. Fuente: MMA

3.1.2 Transporte

El subsector transporte es el segundo en importancia dentro de las denominadas "Actividades de quema de combustibles", dando cuenta del 28% de las emisiones, equivalentes a 2.610,5 kt CO_{2eq} en el año 2020. Como se observa en la figura siguiente el principal aportante a las emisiones corresponde al transporte terrestre, con el 91% del total emitido por la subcategoría transporte.

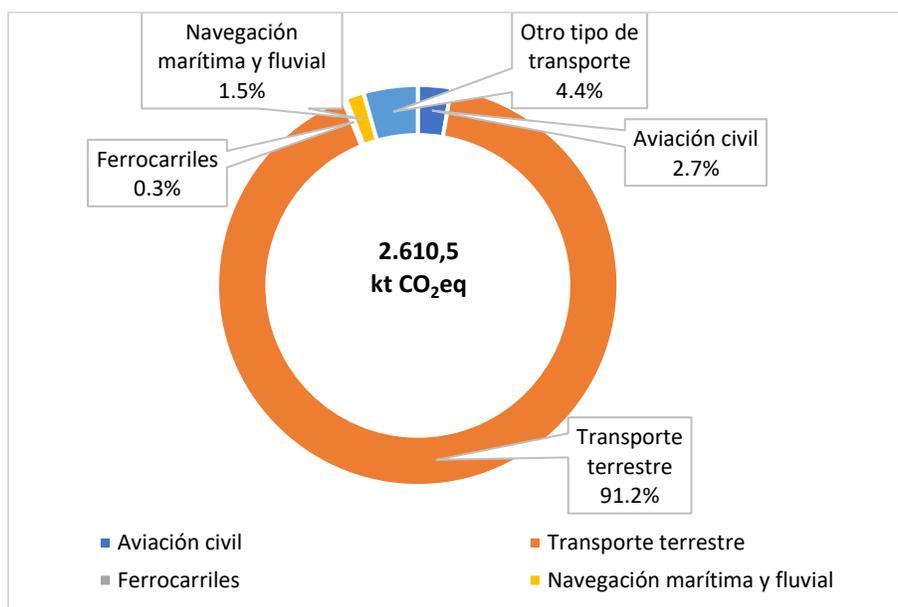


Figura 9. Distribución de emisiones. Transporte. Año 2020. Fuente: MMA



3.1.3 Industrias manufactureras y de la construcción

Las industrias manufactureras y de la construcción, que representan el 14% de las emisiones de las actividades de quema de combustibles equivalentes a 1.241,2 kt CO₂eq, distribuyen sus emisiones en las siguientes actividades: Pulpa, papel e imprenta (46%), Industrias varias no especificadas (27%), hierro y acero (15%), además de minerales no metálicos (7%) y procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco (5%).

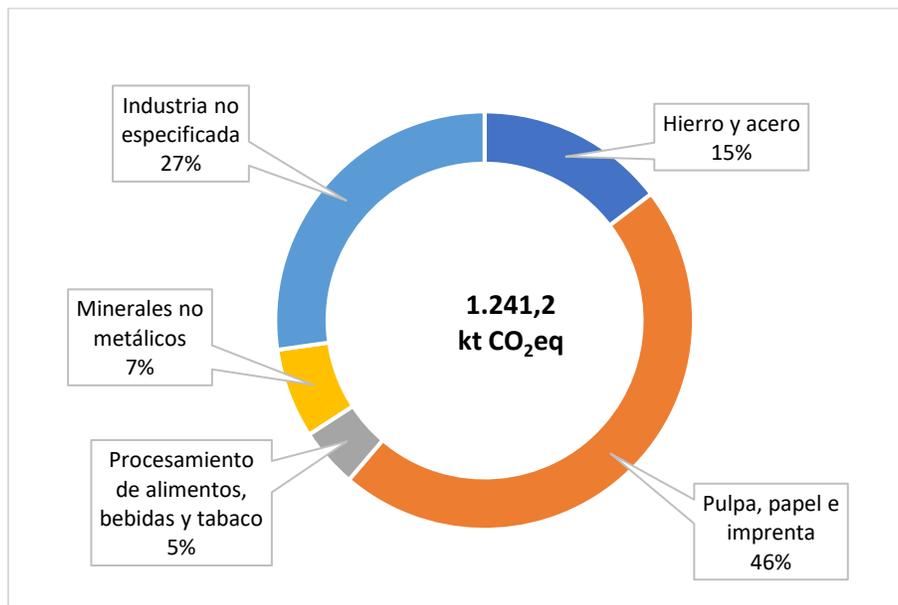


Figura 10. Distribución de emisiones. Industrias manufactureras y de la construcción. Año 2020.
Fuente: MMA



4. EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO Y CARBONO NEGRO. ANÁLISIS POR PROVINCIAS Y COMUNAS. AÑO 2020

4.1 Gases de Efecto Invernadero.

La figura 11 muestra la distribución geográfica de las emisiones a escala provincial. Se observa que la mayoría de las emisiones se concentra en la Provincia de Concepción (67,5%), seguida de Arauco (19,8%) y Biobío (12,7%). Esta distribución es coherente con el carácter industrial de la Provincia de Concepción, con la presencia de la mayoría de las actividades del sector Energía identificadas como mayores emisoras, entre ellas, producción de electricidad (Comuna de Coronel), refinación de petróleo (Comuna de Hualpén), transporte, entre otras.

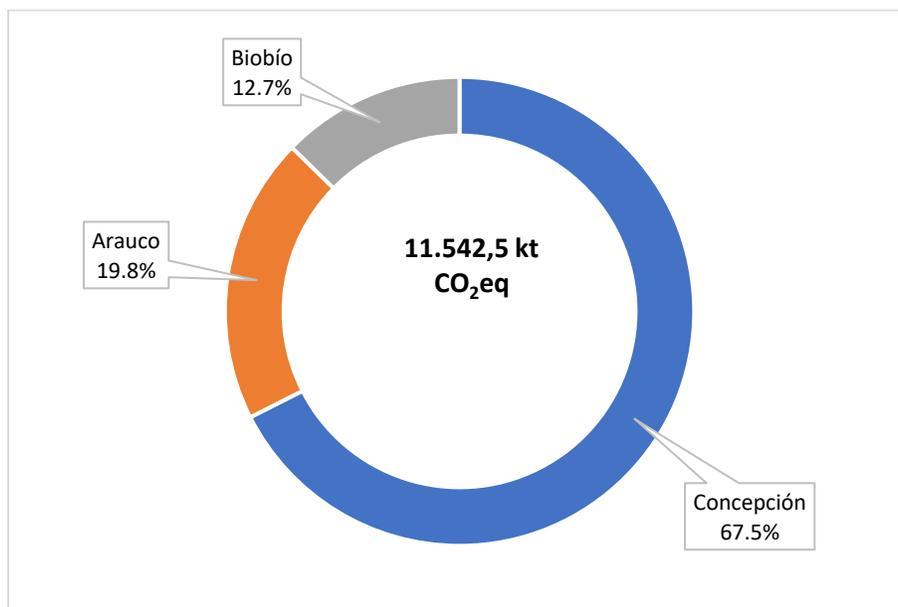


Figura 11. Distribución de emisiones de GEI. Provincias de la Región del Biobío. Año 2020.
Fuente: MMA

Una mirada detallada al interior de cada provincia permite identificar la contribución de cada una de las comunas a las emisiones provinciales y regionales. Estos datos se presentan en las figuras siguientes.

Se observa que, al interior de la Provincia de Concepción, las comunas que mayores emisiones presentan corresponden a las de mayor carácter industrial y/o energético: Talcahuano (1.500 kt CO₂eq), Hualpén (1.311 kt CO₂eq) y Coronel (1.319 kt CO₂eq), representando más del 50% de las emisiones totales de la Provincia de Concepción. A ellas siguen los centros urbanos y/o de servicios más consolidados: Concepción (941 kt CO₂eq), San Pedro de la Paz (609 kt CO₂eq) y Chiguayante (543 kt CO₂eq). Al interior de la Provincia de Concepción ninguna comuna da cuenta de emisiones "negativas", esto es en cuyo territorio las absorciones superan las emisiones.

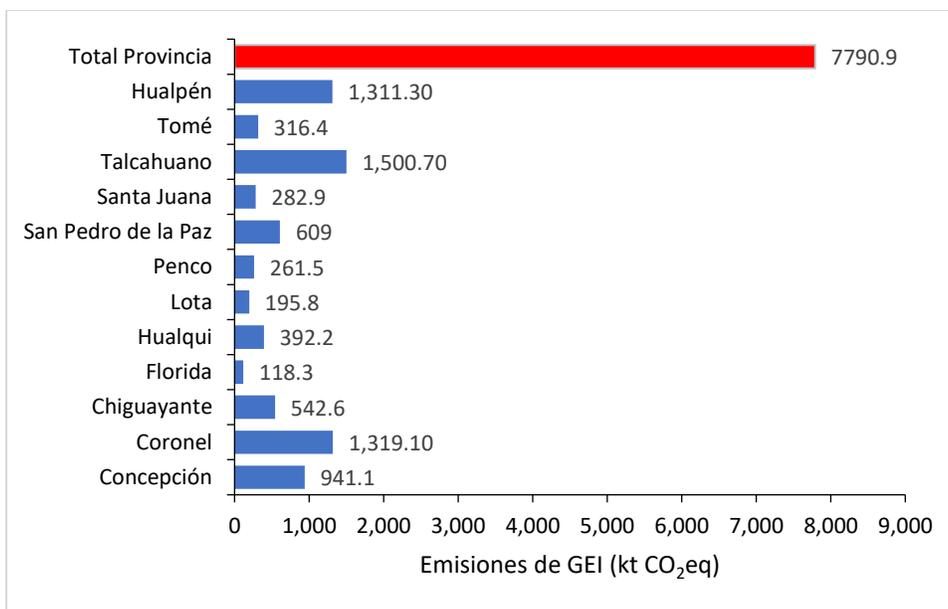


Figura 12. Distribución de emisiones comunales de GEI. Provincia de Concepción. Año 2020.
Fuente: MMA

En el caso de la Provincia de Arauco, la principal comuna en términos de emisiones de GEI corresponde a Arauco (1.138 kt CO₂eq, 50% de las emisiones provinciales), dada su condición de productora de celulosa, una de las actividades industriales más relevantes en materia de emisiones de GEI, como se discutiera previamente. En esta provincia, solo la comuna de Los Álamos da cuenta de un balance negativo de GEI (-16,9 kt CO₂eq).

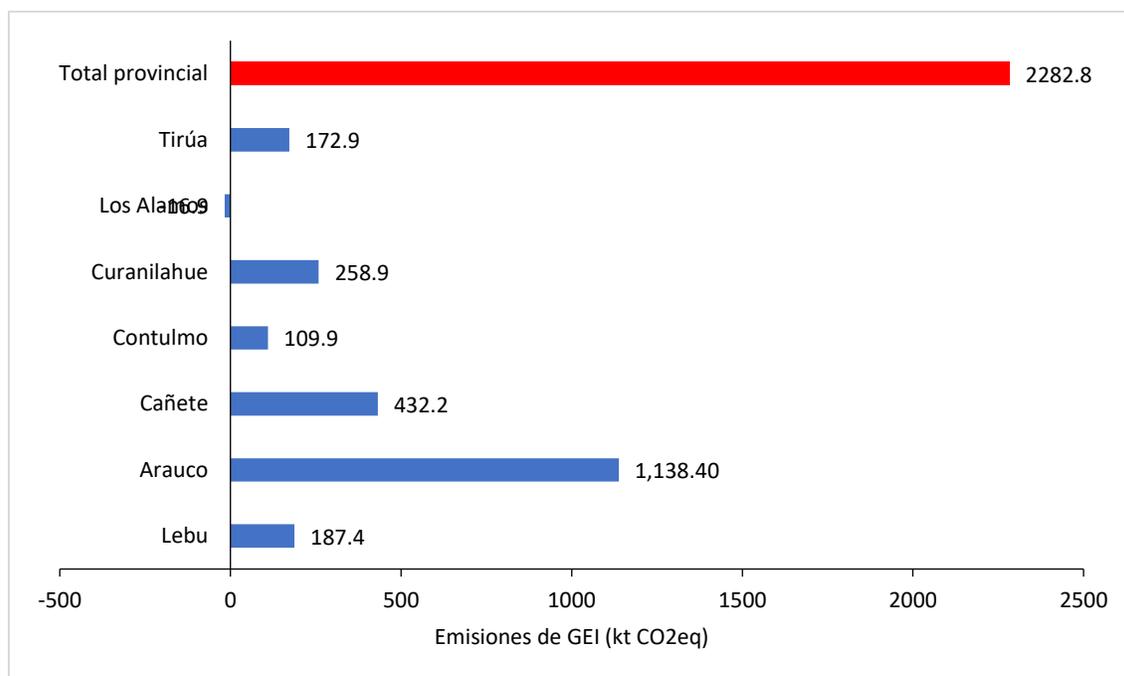


Figura 13. Distribución de emisiones comunales de GEI. Provincia de Arauco. Año 2020.
Fuente: MMA



Finalmente, en la Provincia de Biobío destacan tres comunas emisoras: Nacimiento (1.524 kt CO_{2eq}), Cabrero (1.460 kt CO_{2eq}), y Los Ángeles (1.341 kt CO_{2eq}). También se observa la presencia de una cantidad importante de comunas con balance negativo (absorciones > emisiones), entre ellas: Alto Biobío (-1.388 kt CO_{2eq}), Antuco (-1.043 kt CO_{2eq}) y Quilaco (-624 kt CO_{2eq}).

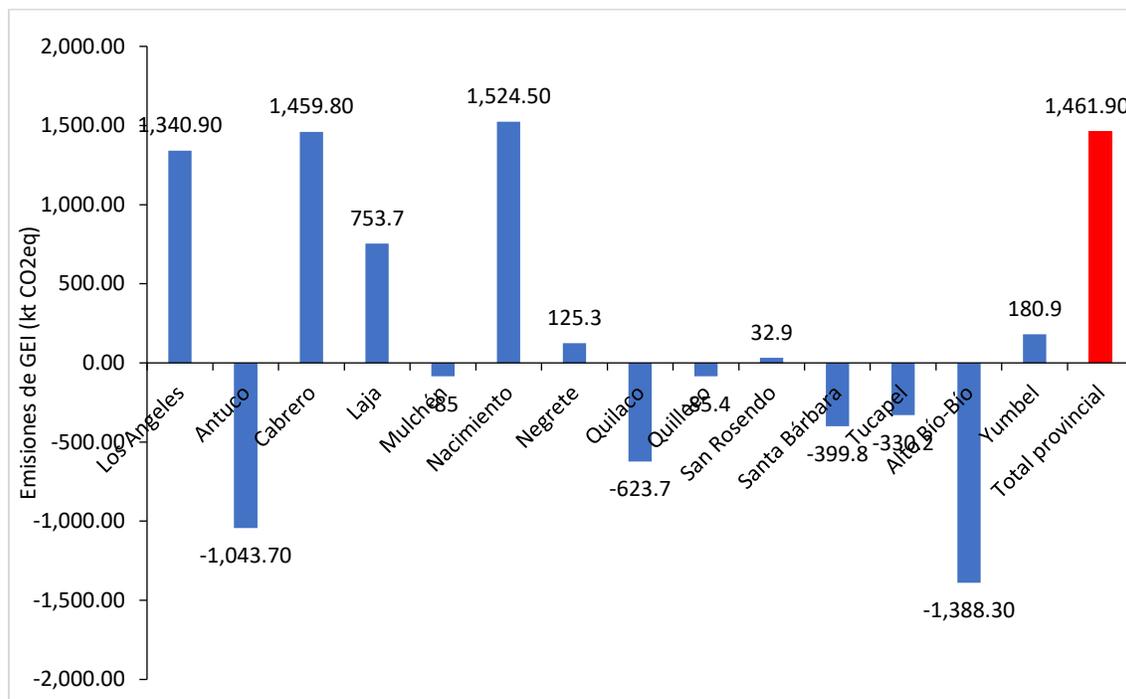


Figura 14. Distribución de emisiones comunales de GEI. Provincia de Biobío. Año 2020. Fuente: MMA

4.2 Emisiones de Carbono Negro

Como se observa en la figura 15, en el año 2020 la región emitió 3.334 toneladas de Carbono Negro (CN). El 44,7% de las emisiones se verificaron en la Provincia de Biobío, seguida de Concepción (33,3% y Arauco (22%).

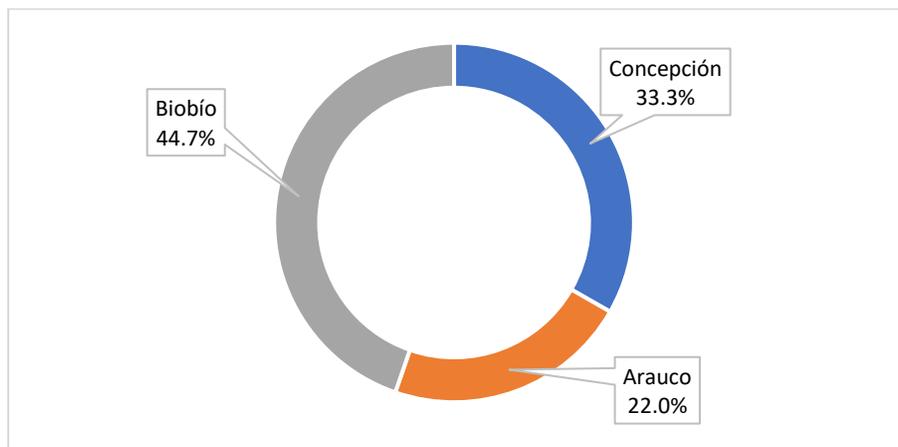


Figura 15. Distribución de emisiones de Carbono Negro. Provincias de la Región del Biobío. Año 2020. Fuente: MMA



Una mirada detallada al interior de cada provincia permite identificar la contribución de cada una de las comunas a las emisiones provinciales y regionales. Estos datos se presentan en las figuras siguientes.

En la Provincia de Concepción, las emisiones totales de CN (1.109,3 toneladas) se distribuyen en forma relativamente pareja entre sus mayores centros poblados, no denotándose a priori una relación con alguna actividad productiva en particular. En el caso de las Provincias de Biobío y Arauco (comuna de Arauco), por el contrario, se verifica una estrecha correlación entre comunas productoras de celulosa (Nacimiento y Laja) y emisiones de CN.

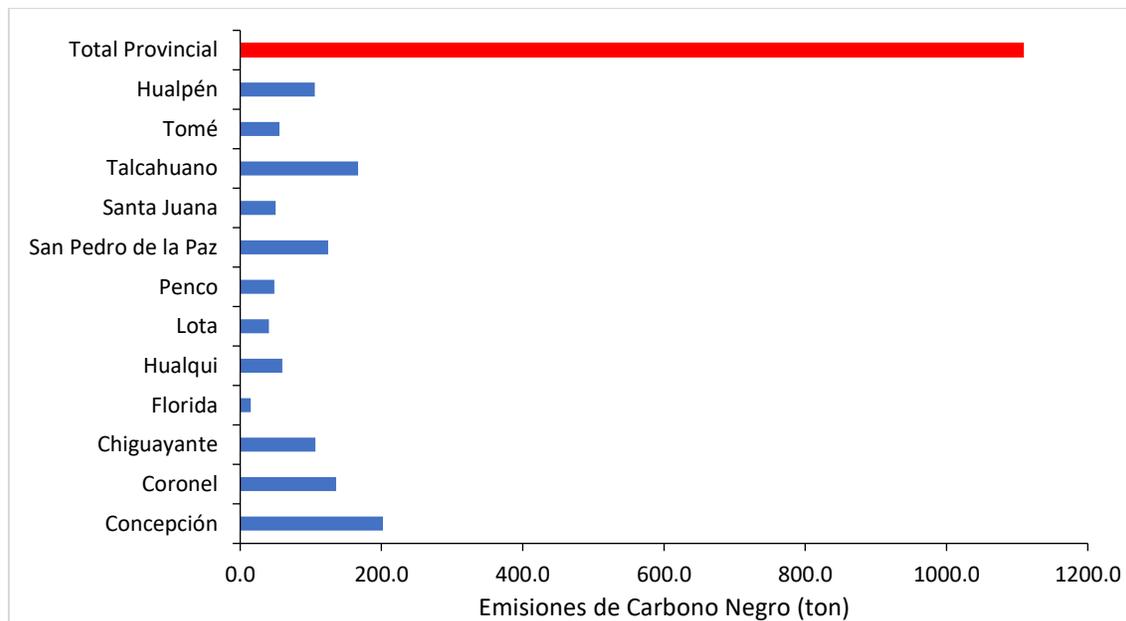


Figura 16. Distribución de emisiones comunales de Carbono Negro. Provincia de Concepción. Año 2020. Fuente: MMA

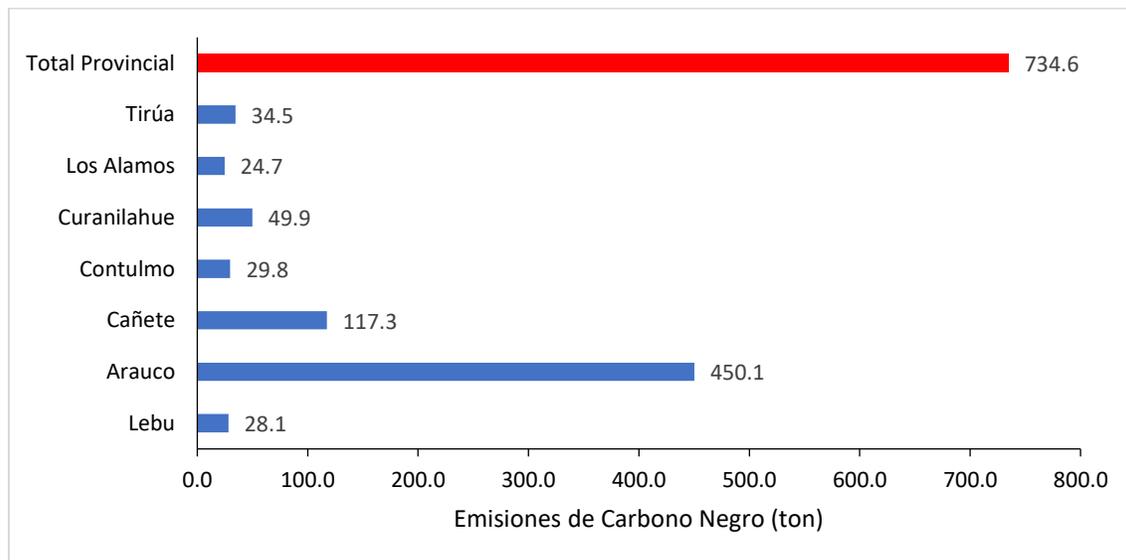


Figura 17. Distribución de emisiones comunales de Carbono Negro. Provincia de Arauco. Año 2020. Fuente

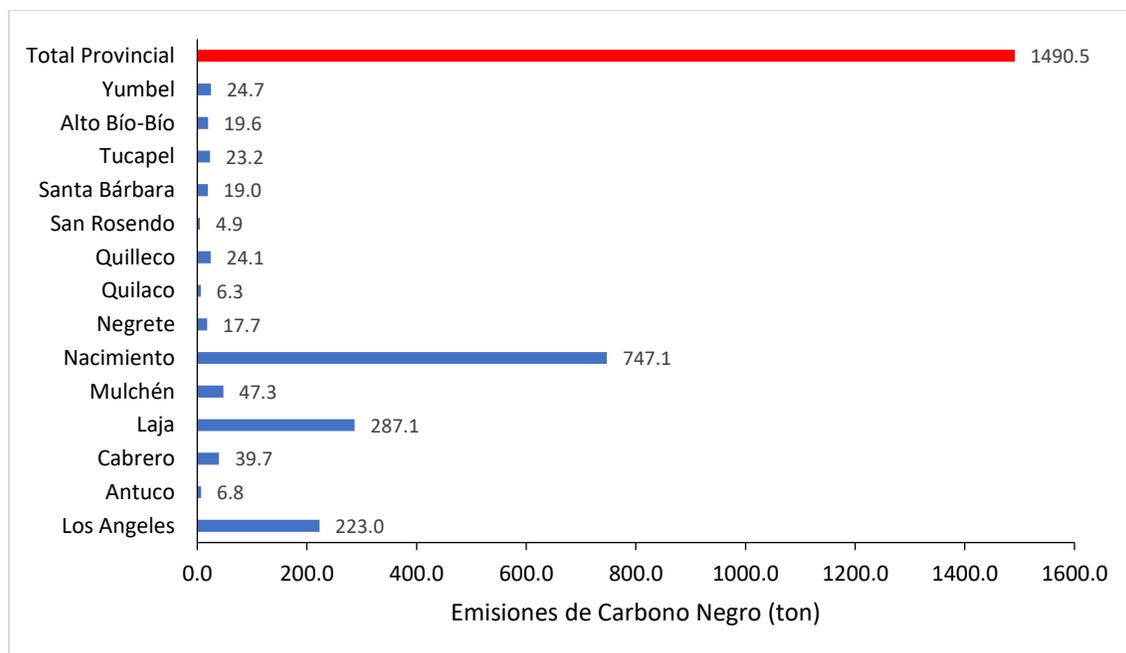


Figura 18. Distribución de emisiones comunales de Carbono Negro. Provincia de Biobío. Año 2020. Fuente

5. INDICADORES DE INTENSIDAD DE CARBONO

En esta sección se propone una serie de indicadores de intensidad en carbono que permiten relacionar las emisiones de la región con distintas variables relevantes. Estos indicadores se dividen en tres escalas: regionales, comunales y sectoriales.

Los indicadores regionales y comunales buscan relacionar las emisiones en el territorio correspondiente con variables macro tradicionales. El empleo de indicadores tradicionales permite, por un lado, obtener una visión global de la sensibilidad de las emisiones a características globales de la región, y por otro lado, comparar el desempeño de la región con otras, bajo la misma lógica. Los indicadores de escala regional y comunal propuestos se presentan en la tabla 1.

Por otro lado, **los indicadores sectoriales tienen como objetivo contar con información sobre la intensidad en carbono de las principales actividades emisoras de la región**, en este caso, el sector energía que da cuenta de más del 80% de las emisiones regionales. La conformación del indicador se basó en relacionar las emisiones sectoriales con un nivel de actividad sensible a medidas de descarbonización de manera de poder visualizar claramente el efecto de éstas. De esta manera, como se intenta representar en la figura siguiente, **medidas efectivas en el nivel de actividad a la base del indicador, debieran generar cambios significativos en éste, impactando mediante un efecto en cascada los indicadores de carácter territorial (comunales y regional).**

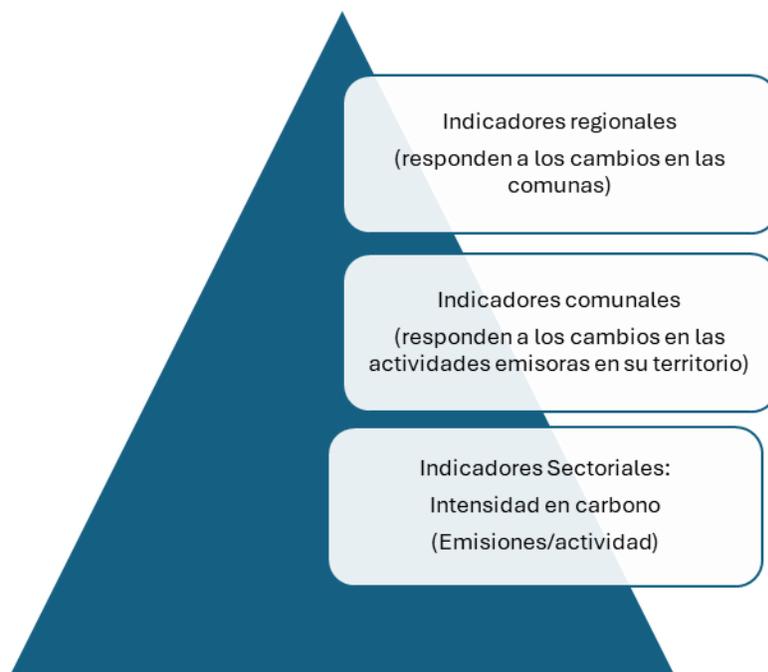


Figura 19. Relación entre indicadores territoriales y sectoriales.



Tabla 1. Indicadores propuestos

Escala	Nombre Indicador	Descripción	Unidad	Fuentes de información	Periodo	Observaciones
INDICADORES TERRITORIALES						
Regional	Intensidad en Carbono Regional	Relaciona las emisiones de netas de GEI, expresadas como CO _{2e} con el PIB regional	Ton CO _{2e} / (miles M\$)	Ministerio del Medio Ambiente ³ Banco Central de Chile ⁴	2013-2020	PIB Regional expresado en Precios corrientes, referencia pesos 2018 (miles de millones de pesos). Serie disponible entre 2013 y 2022
	Emisiones de GEI per cápita	Relaciona las emisiones netas de GEI, expresadas como CO _{2e} , con la población regional	Ton CO _{2e} /habitante	Ministerio del Medio Ambiente Instituto Nacional de Estadísticas ⁵	2010-2020	
	Emisiones regionales de GEI por unidad de consumo final de energía	Relaciona las emisiones netas de GEI de la región, expresadas como CO _{2e} , con el consumo final de energía	Ton CO _{2e} /TJ	Ministerio del Medio Ambiente Ministerio de Energía ⁶	2017-2020	Balances Regionales de Energía disponibles desde 2017
Escala Comunal	Emisiones comunales per cápita	Relaciona las emisiones netas de GEI, expresadas como CO _{2e} , con la población comunal	Ton CO _{2e} /habitante	Ministerio del Medio Ambiente Instituto Nacional de Estadísticas ⁷	2010-2020	
INDICADORES SECTORIALES						

³ <https://snichile.mma.gob.cl/biobio/>

⁴ PIB Regional - Banco Central de Chile (bcentral.cl)

⁵ <https://regiones.ine.gob.cl/biobio/estadisticas-regionales/sociales/censos-de-poblacion-y-vivienda/censo-de-poblacion-y-vivienda>

⁶ [Balance energético – Energía Abierta | Comisión Nacional de Energía \(energiaabierta.cl\)](http://energiaabierta.cl)

⁷ [Proyecciones de Población \(ine.gob.cl\)](http://ine.gob.cl)



Escala	Nombre Indicador	Descripción	Unidad	Fuentes de información	Periodo	Observaciones
Industrias de la Energía	Intensidad en Carbono de la Producción de Energía Eléctrica	Se define como la relación entre las emisiones netas de GEI emitidas en un determinado sector y la cantidad de sus productos	Ton CO ₂ /GWh	Ministerio del Medio Ambiente Comisión Nacional de Energía ⁸	2015-2020	Datos de generación eléctrica bruta de la Región del Biobío separados de Ñuble desde 2017
	Intensidad en Carbono de la Refinación de Petróleo		Ton CO _{2e} /ton petróleo crudo procesado	Ministerio del Medio Ambiente Ministerio de Energía	2017-2022	Balances Regionales de Energía disponibles desde 2017
Transporte	Intensidad en Carbono del Transporte Terrestre		Ton CO _{2e} /MJ energía consumida			
Industrias manufactureras y de la construcción	Intensidad en Carbono de la Industria Manufacturera y la Construcción		Ton CO _{2e} /MJ energía consumida			

⁸ [Información y Estadísticas - Comisión Nacional de Energía \(cne.cl\)](http://informacionyestadisticas.cne.cl)



5.1 Indicadores regionales

5.1.1 Emisiones regionales per cápita

El indicador de emisiones per cápita de la región del Biobío se presenta en la figura siguiente. Se observa que para el año 2020, este indicador fue de 6,9 t CO_{2e}/hab, mientras que en el año 2010 éste ascendía a 5,4 Ton CO_{2e}/hab, **dando cuenta de un incremento del 47%**. Por otro lado, se destaca que durante el año 2017, las emisiones alcanzaron un máximo de 16,6 t CO₂ eq debido a los incendios forestales que afectaron la región.

Cabe señalar que, dado que este indicador se basa en las emisiones totales de la región, su valor y tendencia no solo se relaciona exclusivamente con el crecimiento de la población. En efecto, en el mismo período la población regional creció en un 6,3%. Sin embargo, este tipo de indicadores son utilizados tradicionalmente para comparar regiones o países sobre una base o métrica común.

En ese sentido, comparando las emisiones per cápita de GEI en el Biobío con los valores nacionales, se observa que la región ha superado consistentemente los índices nacionales a partir del año 2015. Excluyendo el año 2017, se evidencia que la región supera entre un 28% y un 65% la intensidad de carbono per cápita de Chile. Esto indica la región del Biobío está emitiendo una cantidad significativamente mayor de GEI por persona en comparación con el promedio nacional.

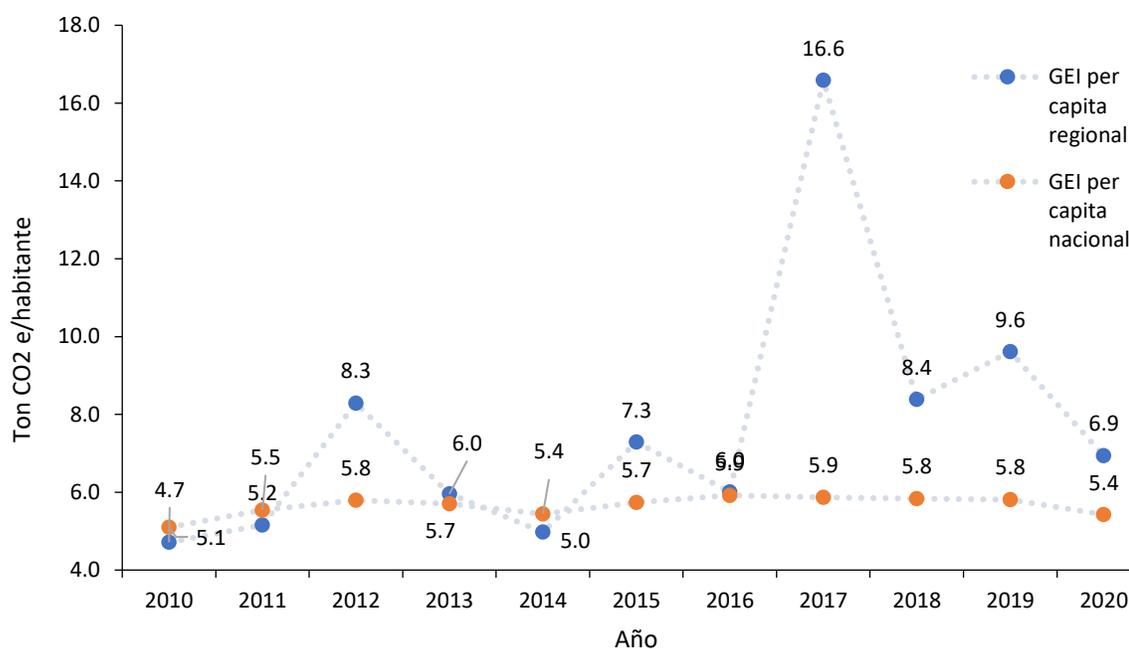


Figura 20. Emisiones de carbono per cápita regional y nacional periodo 2010-2020.

5.1.2 Intensidad en carbono regional

Un segundo indicador que se utiliza tradicionalmente corresponde a la intensidad en carbono de un área geográfica, calculado **como la razón entre las emisiones y el Producto Interno Bruto (PIB)**. Los resultados obtenidos para este indicador, correspondientes al período 2013-2020, se presentan en la figura siguiente.

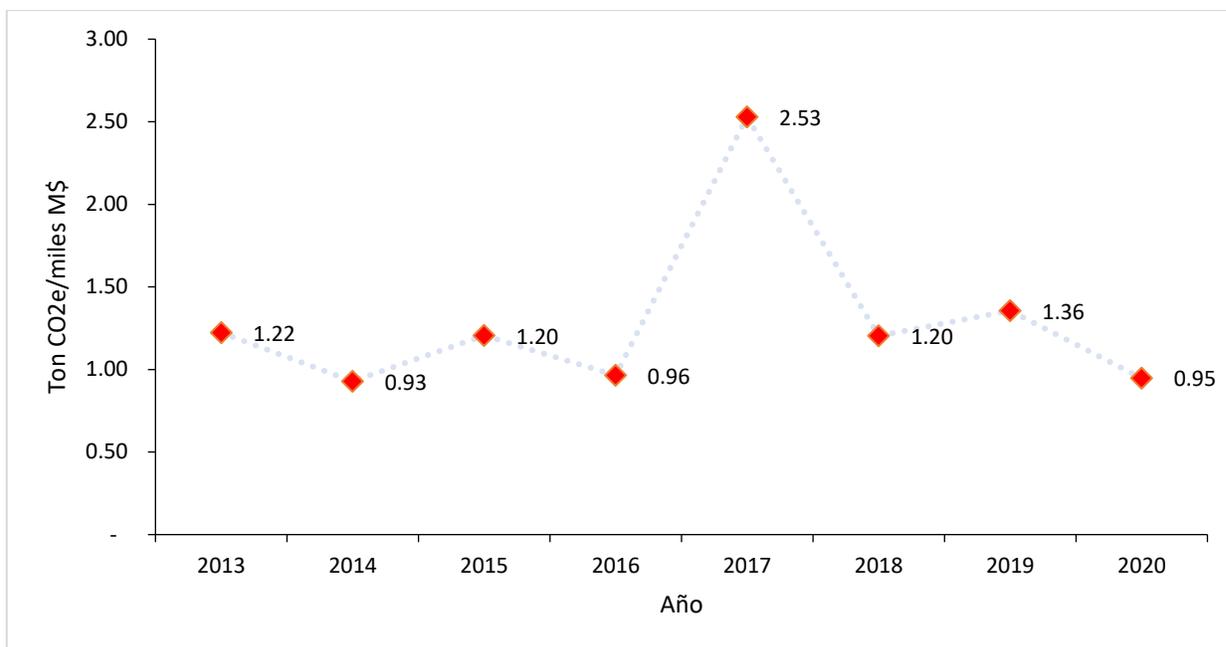


Figura 21. Intensidad en carbono de la Región del Biobío. Período 2013-2020

En la figura anterior se observa que en el período analizado la intensidad en carbono de la región ha fluctuado entre 0,93 y 1,36 Ton CO_{2e}/mM\$, exceptuando el año 2017 cuya anomalía es atribuida a los megaincendios del verano de ese año, evento que ha sido destacado sistemáticamente en este informe. En consecuencia, **en la última década no se observan variaciones sustantivas en la intensidad en carbono de la región, no logrando desacoplar el ritmo de crecimiento de las emisiones y la economía.**

5.1.3 Emisiones regionales por unidad de consumo final de energía

Este indicador busca reflejar la sensibilidad de las emisiones regionales frente al consumo final de energía. El consumo final de energía incluye la demanda de todos los sectores socioeconómicos de la región. La dinámica de este indicador, para el período 2017-2020 se muestra en la figura siguiente.

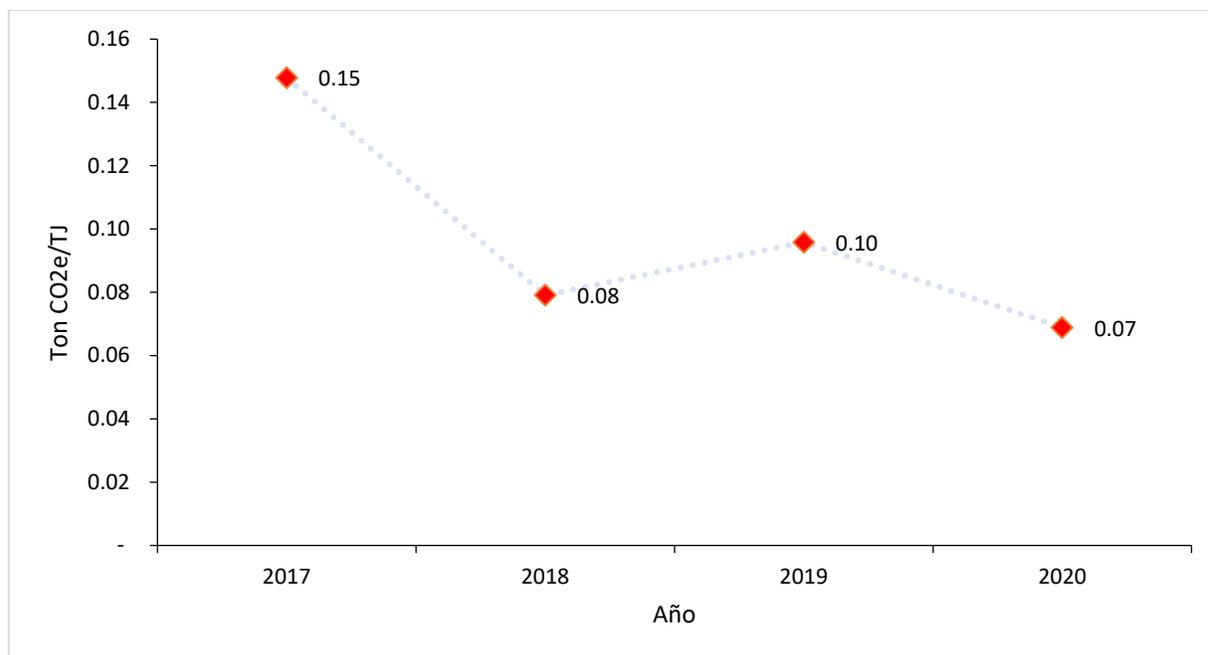


Figura 22. Relación entre las emisiones regionales y el consumo final de energía

En la figura anterior se observa que el indicador que relaciona las emisiones regionales con el consumo final de energía ha caído desde 0,15 Ton CO₂e/TJ en 2017 a 0,07 Ton CO₂e/Tj desde el año 2017. Sin embargo, como se ha indicado previamente, la magnitud de las emisiones del año 2017, marcado por los megaincendios, desacopló temporalmente emisiones del consumo final de energía. **En consecuencia, excluyendo ese año del análisis es posible notar que la magnitud del indicador varía ligeramente sin marcar tendencias entre 2018 y 2020.**

5.2 Indicadores comunales

A escala comunal se usó las emisiones de carbono totales por per cápita (ton CO₂e/habitante) de cada comuna. Este indicador es tradicionalmente usado para comparar diferentes áreas geográficas de manera estandarizada. Este indicador proporciona información clave sobre la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero que se generan por persona en cada comuna, lo cual es fundamental para comprender la contribución de cada comunidad al cambio climático y la necesidad de implementar medidas de mitigación.

En la Tabla 2, se puede observar que **algunas comunas han sido históricamente sumideros de carbono**, reflejado en valores negativos del indicador, especialmente durante el período 2010-2014. **Sin embargo, la tendencia de ser sumideros de carbono se ha revertido, con más emisiones generadas que las absorbidas por la comuna.** Hasta el año 2020, solo 8 comunas en la Provincia de Biobío actúan como sumideros de carbono. A nivel provincial, todas las provincias son emisoras de carbono para el 2020. Entre las comunas, **Nacimiento, Cabrero, Laja y Arauco registran históricamente los mayores valores de intensidad de carbono per cápita**, lo cual está estrechamente relacionado con la actividad industrial en cada lugar y al número de habitantes.



Tabla 2. Emisiones de carbono per cápita comunal. Región del Biobío.

Emisiones per cápita comunales, ton CO2e/habitante											
Comunas	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Prov. de Concepción	7,5	7,5	11,5	7,7	7,1	7,2	6,9	18,0	7,9	8,1	7,3
Concepción	4,1	3,6	3,6	3,7	3,7	3,9	4,0	19,1	4,4	4,4	4,0
Coronel	5,8	8,1	10,5	10,6	7,9	10,7	10,8	11,6	12,3	12,2	10,5
Chiguayante	3,7	3,2	3,2	3,3	4,1	3,6	3,7	4,0	4,0	4,2	6,0
Florida	12,6	16,4	332,8	11,2	59,7	14,0	15,6	439,5	21,1	25,9	10,0
Hualqui	18,9	9,3	7,6	7,9	5,7	11,1	11,2	80,7	12,2	13,6	15,0
Lota	4,6	4,4	4,1	4,3	3,9	5,3	4,6	5,0	5,1	5,5	4,3
Penco	4,9	4,9	4,6	4,5	4,6	4,9	5,0	7,0	5,7	6,0	5,2
San Pedro de la Paz	3,8	3,2	3,0	3,1	3,0	3,1	3,1	4,5	4,4	4,5	4,2
Santa Juana	44,5	8,0	3,2	5,5	1,5	9,8	6,6	23,3	16,6	21,6	19,1
Talcahuano	11,8	14,8	16,6	12,3	11,0	12,2	11,9	10,2	10,9	10,6	9,5
Tomé	7,3	5,9	5,3	5,0	7,0	5,6	5,4	19,5	7,4	8,1	5,4
Hualpén	13,0	15,6	15,8	21,7	14,3	12,9	10,3	10,5	13,8	13,5	13,5
Prov. de Arauco	4,8	8,2	9,7	8,6	8,4	18,1	9,6	17,2	14,4	19,7	12,9
Lebu	7,0	8,8	6,9	6,2	4,8	7,2	7,9	29,4	10,7	12,3	6,9
Arauco	13,1	21,3	33,7	29,2	35,4	35,4	30,8	35,5	35,0	36,7	29,4
Cañete	-2,2	-0,8	-1,8	-2,1	-2,0	4,7	-0,3	2,9	2,9	13,9	11,7
Contulmo	-4,7	2,3	-3,3	-3,8	-7,0	3,2	2,3	17,2	20,3	26,4	17,4
Curanilahue	6,7	10,6	8,4	7,9	4,3	7,5	6,6	12,1	12,4	15,7	7,6
Los Alamos	-0,9	-0,9	-2,1	-1,9	-4,7	-1,2	-1,4	3,0	3,2	6,2	-0,8
Tirúa	4,5	4,8	5,5	7,2	4,6	109,5	7,9	15,2	15,2	33,5	15,7
Prov. de Biobío	-2,3	-1,7	0,01	0,8	-1,2	3,6	2,9	13,8	7,7	9,9	3,5
Los Angeles	5,7	6,0	5,3	5,2	7,2	6,7	6,3	9,2	7,2	7,6	6,1
Antuco	-280,7	277,2	-277,6	281,3	-282,6	-278,0	-271,8	249,9	-247,2	243,7	-242,4
Cabrero	63,1	46,0	43,2	45,1	31,0	39,1	51,0	54,2	59,3	58,9	47,5



Laja	10,6	11,6	15,7	29,4	28,7	27,0	31,8	34,2	36,7	36,0	31,6
Mulchén	-6,6	0,4	-4,4	-4,5	-8,5	10,3	-2,4	19,7	7,6	11,4	-2,7
Nacimiento	9,6	11,5	52,8	53,8	37,5	47,3	60,6	65,9	68,7	82,3	54,6
Negrete	8,3	8,9	8,6	8,1	7,0	9,7	8,8	10,9	10,9	11,7	12,0
Quilaco	-164,0	155,0	-162,1	162,2	-171,8	-160,8	-164,6	137,5	-134,0	108,5	-149,2
Quilleco	-15,4	-5,1	-13,2	-11,1	-19,5	-12,1	-13,2	3,8	3,4	10,4	-8,5
San Rosendo	7,5	7,4	23,6	6,9	7,1	6,7	11,5	15,8	12,5	15,7	9,1
Santa Bárbara	-30,5	-25,6	-30,1	-29,7	-32,6	-12,0	-26,8	-18,5	-18,9	-15,3	-27,4
Tucapel	-27,1	-24,4	-27,1	-26,7	-29,2	-4,6	-26,1	-17,9	-18,1	-15,0	-21,7
Yumbel	-74,8	-74,4	-76,7	-76,1	-74,0	-67,1	-73,3	-69,3	-68,4	-67,6	-62,7
Alto Biobío	28,5	35,7	41,0	31,3	24,0	28,2	28,4	356,6	45,9	53,0	26,7



5.3. Indicadores sectoriales

5.3.1. Intensidad en carbono de la Generación eléctrica

Este indicador relaciona directamente las emisiones de GEI de la generación eléctrica y mide directamente la contribución de este sector al inventario regional. Como se observa en la figura siguiente, en el período 2017-2020, la intensidad en carbono de la generación eléctrica regional se ha situado en torno a 0,3 Ton CO_{2e}/GWh (0,29-0,31). El corto período de tiempo analizado no permite establecer tendencias, las que podrían ser observadas más adelante en función del ritmo de crecimiento de la generación renovable en la región.

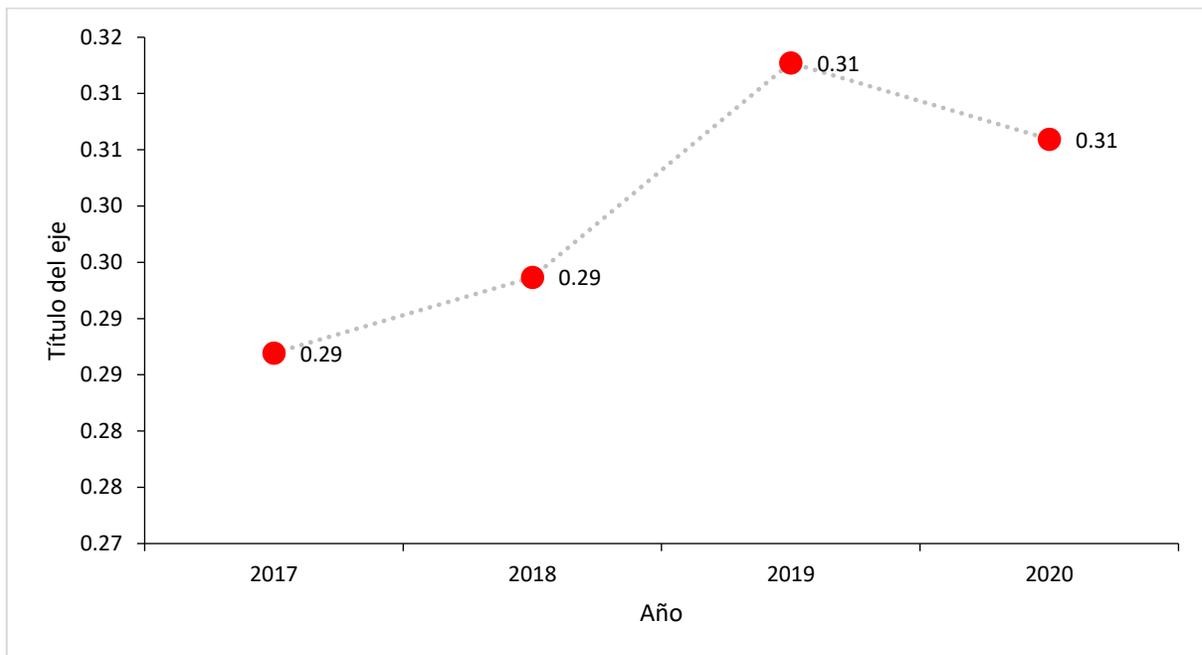


Figura 23. Intensidad en carbono de la generación eléctrica de la Región del Biobío.

5.3.2. Intensidad en carbono de la refinación de petróleo

La Región del Biobío da cuenta de la mitad de la capacidad de refinación de petróleo del país, siendo una de las industrias estratégicas de la región. Destaca en el inventario de emisiones presentado previamente como la tercera en importancia en términos de emisiones en la categoría industrias de la energía. La figura siguiente muestra el indicador de intensidad en carbono de esta actividad. En ella se observa una **tendencia marcada al alza de este indicador**, pasando de 43,3 Ton CO_{2e}/Gton en 2017 a 142,2 Ton CO_{2e}/Gton en 2020, representando un crecimiento superior al 200%. Este resultado se explica porque en el mismo período al tiempo que han incrementado las emisiones, el volumen de crudo procesado se ha mantenido en márgenes más o menos constantes⁹. **Dado que no se tiene conocimiento de cambios en los procesos o crudos refinados que pudieran afectar de manera tan significativa las emisiones, se**

⁹ Datos en: Balances regionales de energía (Ministerio de Energía), Inventarios Regionales de emisiones de GEI (Ministerio del Medio Ambiente)



sugiere verificar con los organismos correspondientes los datos primarios que dan origen al cálculo de emisiones.

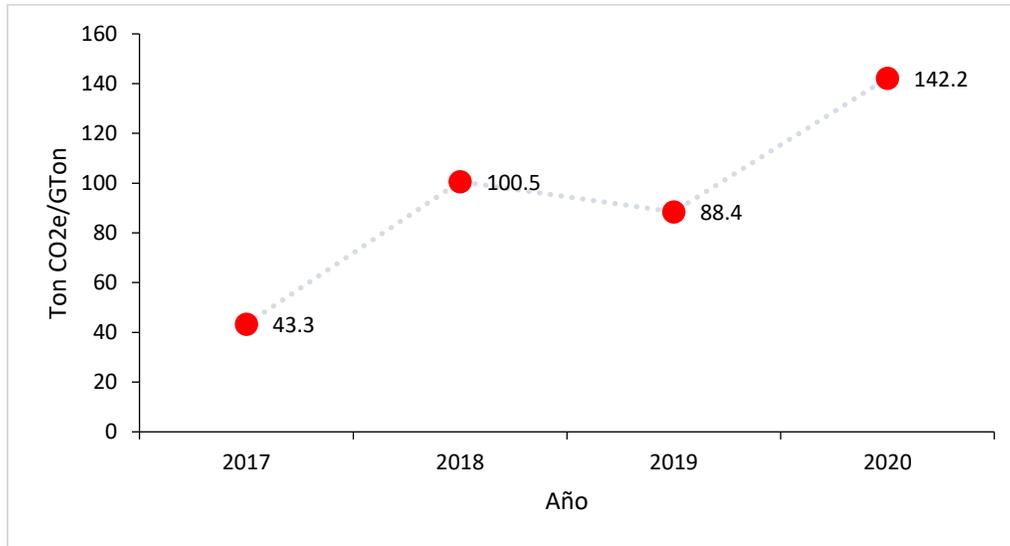


Figura 24. Intensidad en carbono de la refinación de petróleo. Región del Biobío

5.3.3. Intensidad en carbono del transporte terrestre

El análisis de la intensidad específica de carbono en el transporte terrestre mostrado en la Figura 25 revela un patrón creciente en las emisiones netas de GEI por cada terajulio (TJ) de energía consumida (Ton CO₂ eq/TJ). **Para el año 2020, se observó un incremento del 20% en las emisiones de carbono en comparación con el año 2017.** Esto indica que, en términos relativos, se están generando más emisiones de carbono por cada unidad de energía utilizada en el sector del transporte.

Este aumento está directamente relacionado con la cantidad y calidad de los combustibles utilizados en el transporte terrestre. En particular, el uso predominante de diésel (61-64%) y gasolina (35-39%) en este sector, especialmente en actividades de transporte de carga y automóviles, juega un papel significativo en las emisiones de carbono.

La combustión de diésel es más intensiva en carbono que la de gasolina, es por ello, que las mayores emisiones de carbono provienen de vehículos que funcionan con diésel, como camiones de servicio pesado y autobuses (representando entre un 51-54% de total anual ton CO₂ eq para transporte terrestres en el periodo 2017-2020), seguidos por camiones de servicio ligero (entre un 20-21%). Además, los automóviles que utilizan gasolina también contribuyen considerablemente, representando entre un 24-26% de las emisiones totales de carbono en el transporte terrestre.

Durante el año 2020, se registró una disminución significativa en el consumo de combustibles, tanto diésel como gasolina, en comparación con el año anterior. El diésel experimentó una reducción del 15%, mientras que la gasolina disminuyó en un 25% respecto a 2019. A pesar de estas reducciones en el consumo, la intensidad de carbono se incrementó, lo cual se explica por el predominio del diésel como combustible utilizado en el sector terrestre. De hecho, el diésel representó un 64% del total de energéticos



consumidos en el sector durante ese año, contribuyendo significativamente a la mayor intensidad de carbono observada en comparación con años anteriores.

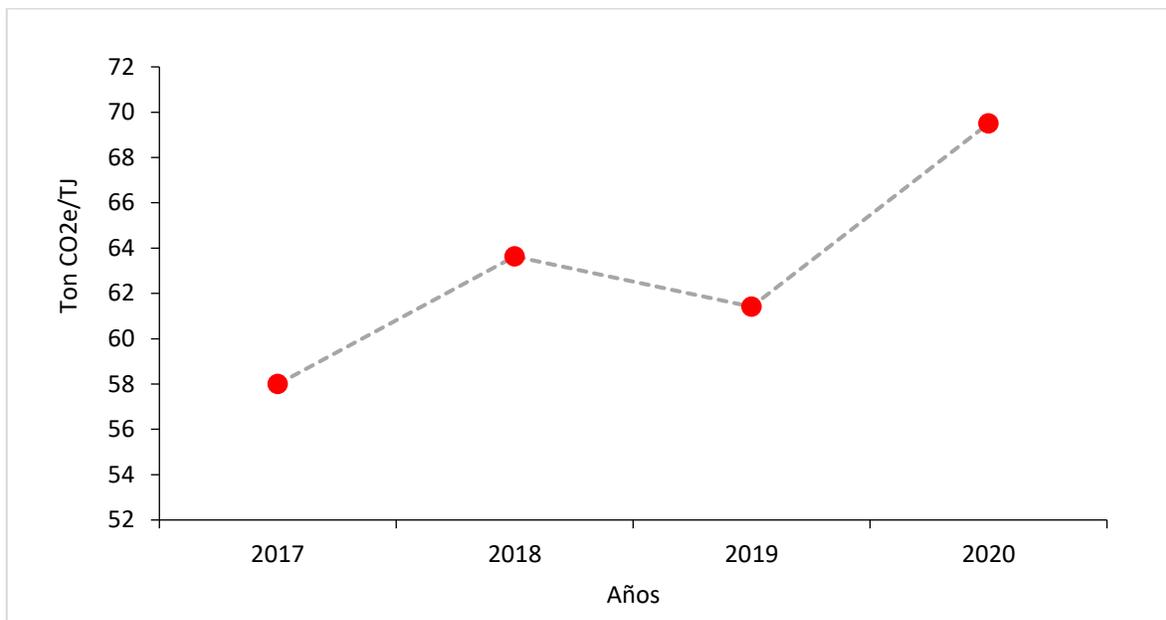


Figura 25. Intensidad en carbono del transporte terrestre. Región del Biobío.

5.3.4. Industria manufacturera y de la construcción

En la Figura 26, se evidencia un incremento en la intensidad de carbono de la industria manufacturera y de la construcción durante 2017-2019, alcanzando un valor máximo de 20,2 ton CO2eq/ TJ energía consumida para el 2019, posterior evidencia una caída hasta 18 ton CO2eq/ TJ durante el 2020. El papel y celulosa es la industria con mayores aportes a las emisiones netas de carbono de este sector, representando entre 35-47% de las emisiones totales industrial, seguido por la categoría industrias no especificada (27-30%), y por último la Industria del Hierro y Acero (13-15%). **Particularmente, la industria del papel y celulosa es una de la más intensiva en uso de combustible, siendo la biomasa (84-88%) y el petróleo combustible (9-14%) las principales fuentes de energía.**

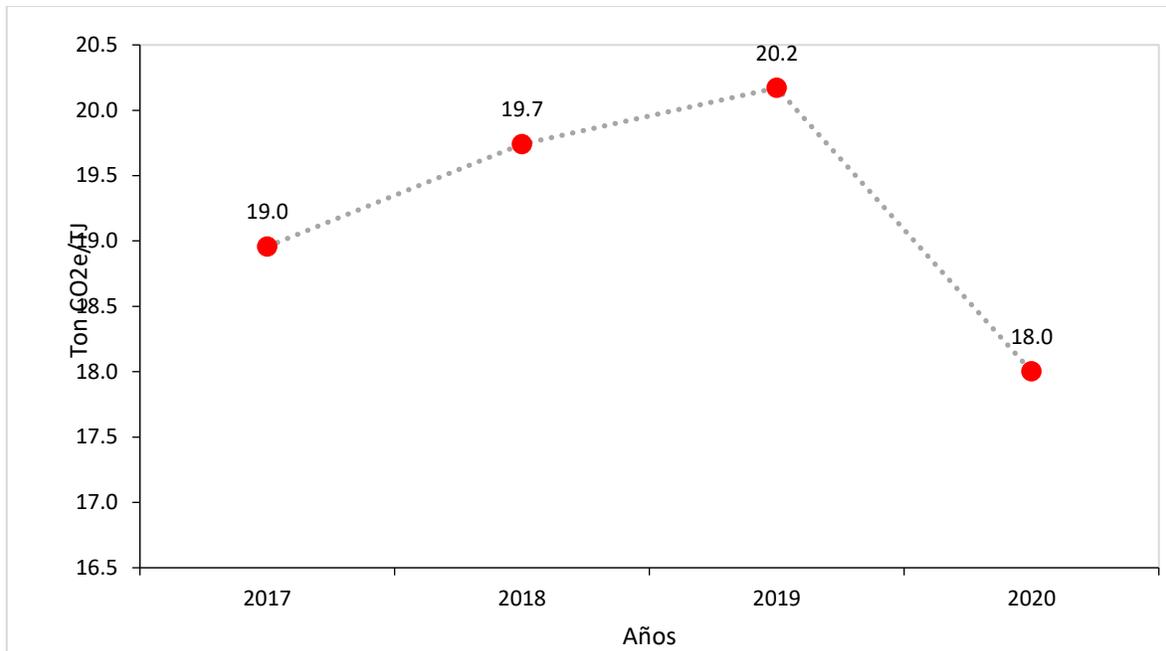


Figura 26. Intensidad en carbono de la industria manufacturera y de la construcción. Región del Biobío

6. CONCLUSIONES

El análisis de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Carbono Negro de la Región del Biobío, en el período 2010- 2020, permite extraer las siguientes conclusiones:

6.1 Emisiones de GEI

- En la última década, las emisiones netas de la región crecieron en 54,6%, pasando de 7.375,7 kt CO_{2eq} en 2010 a 11.549,2 kt CO_{2eq} en 2020.
- Entre 2010 y 2020, la región aportó significativamente a las emisiones nacionales, con cifras que fluctúan entre 33,5% en el año 2010 a 20,7% en 2020.
- El gas que mayor aporte representa en el balance de emisiones es CO₂ neto (emisiones brutas menos absorciones), dando cuenta en promedio de más del 80% de éstas. Este resultado es concordante con la predominancia del sector Energía en las emisiones regionales, y en particular la categoría de Quema de Combustibles.
- **El sector Energía es sistemáticamente el mayor aportante a las emisiones netas dando cuenta, en el año 2020 del 82,8% en (9.308 kt CO_{2eq}).** Al interior de este sector, en el mismo año, la casi totalidad de las emisiones (99,43%) provinieron de la categoría **“Actividades de quema de combustibles” (9.255 ktCO_{2eq})**, en particular **“industrias de la Energía” (53%), Transporte (28%) e Industria Manufacturera (14%).**
- En la categoría **“Industrias de la Energía” destaca con el 85,4% de las emisiones la producción de electricidad.**
- En términos territoriales, la **Provincia de Concepción da cuenta del 67,5% de las emisiones** de GEI, seguida de Arauco (19,8%) y Biobío (12,7%).



- Al interior de la Provincia de Concepción, **las comunas que mayores emisiones presenta corresponden a las de mayor carácter industrial y/o energético: Talcahuano (1.500 kt CO₂eq), Hualpén (1.311 kt CO₂eq) y Coronel (1.319 kt CO₂eq), representando más del 50% de las emisiones totales de la Provincia de Concepción.** A ellas siguen los centros urbanos y/o de servicios más consolidados: Concepción (941 kt CO₂eq), San Pedro de la Paz (609 kt CO₂eq) y Chiguayante (543 kt CO₂eq). Al interior de la Provincia de Concepción ninguna comuna da cuenta de emisiones “negativas”, esto es en cuyo territorio las absorciones superan las emisiones.
- En el caso de la Provincia de Arauco, la principal comuna en términos de emisiones de GEI corresponde a Arauco (1.138 kt CO₂eq, 50% de las emisiones provinciales), dada su condición de productora de celulosa, una de las actividades industriales más relevantes en materia de emisiones de GEI, como se discutiera previamente. En esta provincia, solo la comuna de Los Álamos da cuenta de un balance negativo de GEI (-16,9 kt CO₂eq).
- En la Provincia de Biobío destacan tres comunas emisoras: Nacimiento (1.524 kt CO₂eq), Cabrero (1.460 kt CO₂eq), y Los Ángeles (1.341 kt CO₂eq). También se observa la presencia de una cantidad importante de comunas con balance negativo (absorciones > emisiones), entre ellas: Alto Biobío (-1.388 kt CO₂eq), Antuco (-1.043 kt CO₂eq) y Quilaco (-624 kt CO₂eq).

6.2 Emisiones de Carbono Negro

- En el año 2020 la región emitió 3.334 toneladas de Carbono Negro (CN). El 44,7% de las emisiones se verificaron en la Provincia de Biobío, seguida de Concepción (33,3% y Arauco (22%).
- En la Provincia de Concepción, las emisiones totales de CN (1.109,3 toneladas) se distribuyen en forma relativamente pareja entre sus mayores centros poblados, no denotándose a priori una relación con alguna actividad productiva en particular. En el caso de las Provincias de Biobío y Arauco (comuna de Arauco), por el contrario, se verifica una estrecha correlación entre comunas productoras de celulosa (Nacimiento y Laja) y emisiones de CN.

6.3 Indicadores territoriales y de intensidad en carbono sectoriales

Se propusieron ocho indicadores de intensidad en carbono que permiten relacionar las emisiones de la región con distintas variables relevantes. Estos indicadores se dividen en tres escalas:

- Regionales: Intensidad en carbono regional (Ton CO_{2e}/miles M\$ PIB), Emisiones per cápita (Ton CO_{2e}/hab) y por unidad de consumo energético final (Ton CO_{2e}/TJ)
- Comunal: Emisiones per cápita (Ton CO_{2e}/hab)
- Sectoriales: Indicadores de intensidad energética por unidad de actividad (Ton CO_{2e}/ actividad) para la generación de energía eléctrica, refinación de petróleo, transporte terrestre e industria manufacturera y de la construcción.



7. ANEXO 1. Detalle de emisiones y absorciones según categorías de fuentes y sumideros de GEI. Inventario Región del Biobío (Fuente: MMA)

Tabla A.1.1. Emisiones y absorciones de GEI. Región del Biobío. Período 2010-2020.

Código IPCC	Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
	Todas las emisiones y las absorciones nacionales	7.485,95	8.279,29	13.336,89	9.704,154	8.195,492	12.012,69	10.023,79	27.415,14	14.123,88	16.253,88	11.575,54
1.	Energía	4.899,02	7.202,21	9.508,488	9.754,180	7.709,998	8.338,755	9.489,972	9.413,350	10.209,94	10.213,73	9.308,339
1.A.	Actividades de quema de combustible (método sectorial)	4.757,837	7.021,883	9.288,529	9.528,218	7.443,232	8.141,219	9.329,462	9.295,793	10.112,34	10.108,18	9.255,227
1.A.1.	Industrias de la energía	1.258,492	2.763,679	4.266,840	5.133,107	3.172,921	3.736,811	4.780,957	4.682,623	5.445,911	5.361,940	4.909,154
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción	1.005,385	1.541,983	2.352,479	1.637,961	1.625,892	1.527,180	1.498,015	1.391,457	1.256,070	1.349,533	1.241,193
1.A.3.	Transporte	2.071,716	2.231,679	2.238,223	2.422,018	2.298,270	2.453,018	2.598,451	2.788,805	2.957,974	2.963,959	2.610,488
1.A.4.	Otros sectores	421,823	484,104	428,608	332,013	343,183	422,079	451,888	432,382	452,160	432,578	494,255
1.A.5.	No especificado	0,421	0,438	2,379	3,119	2,965	2,132	0,150	0,526	0,226	0,173	0,137
1.B.	Emisiones fugitivas de combustibles	141,190	180,326	219,960	225,962	266,766	197,536	160,510	117,557	97,597	105,546	53,112
1.B.1.	Combustibles sólidos	54,334	67,358	72,324	73,960	99,808	80,471	58,880	36,019	19,486	21,210	13,211
1.B.2.	Petróleo y gas natural	86,855	112,968	147,636	152,001	166,958	117,065	101,630	81,538	78,111	84,336	39,900
1.B.3.	Otras emisiones provenientes de la producción de energía	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.C.	Transporte y almacenamiento de CO2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.C.1.	Transporte de CO2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.C.2.	Inyección y almacenamiento	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.C.3.	Otros	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.	Procesos industriales y uso de productos	725,525	989,050	1.127,255	1.014,839	778,377	877,246	858,471	822,274	918,641	920,967	884,587
2.A.	Industria de los minerales	141,529	146,701	146,310	143,372	121,439	172,236	120,711	71,413	82,552	132,139	88,739
2.A.1.	Producción de cemento	140,678	145,584	145,115	142,163	120,258	171,045	119,642	70,621	81,808	131,443	88,092
2.A.2.	Producción de cal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.3.	Producción de vidrio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.4.	Otros usos de carbonatos en los procesos	0,851	1,117	1,195	1,208	1,180	1,190	1,068	0,792	0,744	0,696	0,647
2.A.5.	Otros (sírvase especificar)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.	Industria química	34,690	50,786	94,651	76,077	13,896	-	-	-	-	-	-



Código IPCC	Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
2.B.1.	Producción de amoníaco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.2.	Producción de ácido nítrico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.3.	Producción de ácido adípico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.4.	Producción de caprolactama, glioxil y ácido glioxílico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.5.	Producción de carburo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.6.	Producción de dióxido de titanio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.7.	Producción de ceniza de sosa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.8.	Producción petroquímica y de negro de humo	34,690	50,786	94,651	76,077	13,896	-	-	-	-	-	-
2.B.9.	Producción fluoroquímica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.10.	Otros (especificar)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.C.	Industria de los metales	416,432	623,008	688,882	586,490	418,223	455,431	462,186	453,640	491,091	414,673	410,804
2.C.1.	Producción de hierro y acero	416,432	623,008	688,882	586,490	418,223	455,431	462,186	453,640	491,091	414,673	410,804
2.C.2.	Producción de ferroaleaciones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.C.3.	Producción de aluminio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.C.4.	Producción de magnesio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.C.5.	Producción de plomo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.C.6.	Producción de cinc	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.C.7.	Otros (especificar)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.D.	Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes	7,478	8,911	9,115	9,343	9,228	9,300	10,641	10,840	11,443	12,070	11,924
2.D.1.	Uso de lubricantes	6,599	8,045	8,285	8,235	8,285	8,293	9,695	10,108	10,589	11,097	10,860
2.D.2.	Uso de la cera de parafina	0,878	0,866	0,829	1,107	0,943	1,007	0,945	0,732	0,853	0,973	1,064
2.D.3.	Uso de solventes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.D.4.	Otros (especificar)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.E.	Industria electrónica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.E.1.	Circuitos integrados o semiconductores	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.E.2.	Pantalla plana tipo TFT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.E.3.	Células fotovoltaicas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.E.4.	Fluidos de transferencia térmica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.E.5.	Otros (especificar)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



Código IPCC	Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
2.F.	Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono	117,762	154,611	182,285	192,880	208,650	233,913	259,303	279,812	328,129	353,376	359,216
2.F.1.	Refrigeración y aire acondicionado	107,891	146,543	170,067	181,192	195,156	220,970	239,874	259,391	311,145	335,269	336,162
2.F.2.	Agentes espumantes	5,322	2,522	5,328	3,631	4,892	5,410	8,716	7,708	6,366	3,628	3,386
2.F.3.	Protección contra incendios	0,808	1,194	1,812	1,988	2,525	2,655	3,404	3,654	2,831	3,387	4,065
2.F.4.	Aerosoles	3,523	3,828	4,145	4,672	4,473	3,187	5,622	7,261	5,350	9,162	14,827
2.F.5.	Solventes	0,218	0,525	0,932	1,397	1,605	1,690	1,686	1,798	2,437	1,930	0,775
2.F.6.	Otras aplicaciones (especificar)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.G.	Manufactura y utilización de otros productos	7,635	5,034	6,013	6,678	6,942	6,366	5,630	6,569	5,426	8,709	13,905
2.G.1.	Equipos eléctricos	7,545	4,900	5,371	5,707	5,625	5,925	4,963	5,462	5,191	5,757	8,885
2.G.2.	SF6 y PFC de otros usos de productos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.G.3.	N2O de usos de productos	0,090	0,134	0,642	0,972	1,317	0,441	0,667	1,107	0,235	2,952	5,020
2.G.4.	Otros (especificar)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.H.	Otros	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.H.1.	Industria de la pulpa y el papel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.H.2.	Industria de la alimentación y las bebidas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.H.3.	Otros (especificar)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.	Agricultura	850,171	807,204	715,710	638,870	703,623	773,679	779,879	768,695	682,658	588,188	502,209
3.A.	Fermentación entérica	398,515	377,552	323,106	269,140	309,089	348,962	347,235	346,753	283,154	220,697	159,217
3.A.1.	Ganado vacuno	374,003	353,796	299,973	247,042	288,665	330,003	329,589	330,467	268,136	206,943	146,728
3.A.2.	Ovinos	8,930	8,618	8,306	7,994	7,196	6,397	5,615	4,832	4,050	3,268	2,485
3.A.3.	Porcinos	1,799	1,862	2,059	1,844	1,710	1,784	1,771	1,709	1,741	1,772	1,804
3.A.4.	Otras especies	13,783	13,275	12,767	12,259	11,519	10,778	10,261	9,744	9,228	8,714	8,200
3.B.	Gestión del estiércol	58,314	58,062	53,589	42,230	44,681	49,078	47,745	46,492	42,646	39,127	35,886
3.B.1.	Ganado vacuno	34,251	33,426	27,284	18,289	21,861	25,348	24,159	23,554	19,587	15,945	12,582
3.B.2.	Ovinos	0,268	0,259	0,249	0,240	0,216	0,192	0,168	0,145	0,122	0,098	0,075
3.B.3.	Porcinos	16,676	17,264	19,093	17,096	15,874	16,579	16,479	15,906	16,198	16,491	16,783
3.B.4.	Otras especies	2,392	2,373	2,355	2,337	2,311	2,285	2,266	2,248	2,230	2,213	2,197
3.B.5.	Emisiones indirectas de N2O resultantes de la gestión del estiércol	4,728	4,741	4,607	4,268	4,419	4,675	4,672	4,639	4,509	4,380	4,250
3.C.	Cultivo del arroz	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



Código IPCC	Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
3.C.1.	Irrigadas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.C.2.	Alimentadas a lluvia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.C.3.	Aguas profundas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.C.4.	Otros	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.D.	Suelos agrícolas	359,788	335,945	301,636	288,526	312,979	334,642	347,846	340,043	321,239	293,002	271,168
3.D.1.	Emisiones directas de N ₂ O de suelos agrícolas	282,266	264,426	237,744	226,882	246,480	264,182	274,680	268,538	253,263	230,429	212,273
3.D.2.	Emisiones indirectas de N ₂ O de suelos agrícolas	77,522	71,519	63,893	61,644	66,499	70,461	73,166	71,505	67,976	62,573	58,895
3.E.	Quema prescrita de sabanas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.F.	Quema de residuos agrícola en el campo	1,030	2,279	4,232	3,950	3,676	4,226	6,252	4,620	4,819	4,250	2,715
3.F.1.	Cereales y otros cultivos	0,897	2,136	4,080	3,790	3,504	4,008	6,049	4,383	4,546	3,943	2,372
3.F.2.	Frutícolas	0,132	0,143	0,152	0,160	0,171	0,217	0,203	0,237	0,272	0,307	0,342
3.F.3.	Otros	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.G.	Encalado	4,527	5,621	5,520	5,310	4,886	4,634	4,309	3,984	3,658	3,349	3,294
3.G.1.	Caliza	4,527	4,619	4,645	4,563	4,266	4,141	3,943	3,745	3,547	3,349	3,294
3.G.2.	Dolomita	-	1,001	0,874	0,747	0,620	0,493	0,366	0,239	0,112	-	-
3.H.	Aplicación de urea	27,996	27,745	27,628	29,714	28,312	32,137	26,491	26,803	27,141	27,765	29,928
3.I.	Otros fertilizantes que contienen carbono	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.J.	Otros	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.	Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura	405,837	-1.460,453	1.405,089	-2.376,422	-1.738,313	1.120,801	-1.990,266	15.408,471	1.292,265	3.528,989	-21,718
4.A.	Tierras forestales	2.309,279	595,624	3.040,912	- 650,841	50,602	2.367,256	- 23,995	16.431,052	2.436,407	5.597,356	1.074,873
4.A.1.	Tierras forestales que permanecen como tales	10.385,482	8.617,649	11.105,633	7.713,361	8.708,551	10.655,624	8.350,931	24.327,892	10.199,907	13.319,023	8.542,428
4.A.2.	Tierras convertidas en tierras forestales	-8.076,203	-8.022,025	-8.064,721	-8.364,202	-8.657,950	-8.288,367	-8.374,926	-7.896,840	-7.763,500	-7.721,667	-7.467,555
4.B.	Tierras de cultivo	140,087	136,218	134,200	128,516	101,947	95,104	88,356	136,930	134,920	136,735	138,585
4.B.1.	Tierras de cultivo que permanecen como tales	0,007	0,002	1,848	0,028	0,209	0,111	0,109	3,839	0,072	0,131	0,224
4.B.2.	Tierras convertidas en tierras de cultivo	140,080	136,216	132,352	128,488	101,739	94,993	88,247	133,091	134,848	136,604	138,361
4.C.	Pastizales	258,712	234,408	235,956	233,700	167,639	174,040	176,855	901,142	881,477	884,275	888,986
4.C.1.	Pastizales que permanecen como tales	3,073	0,827	2,851	1,072	7,655	7,191	3,141	22,386	2,076	4,230	8,296
4.C.2.	Tierras convertidas en pastizales	255,639	233,581	233,105	232,628	159,984	166,849	173,714	878,756	879,401	880,046	880,691



Código IPCC	Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
4.D.	Humedales	6,942	6,942	6,942	6,942	0,519	0,519	0,519	2,125	2,125	2,125	2,125
4.D.1.	Humedales que permanecen como tales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.D.2.	Tierras convertidas en humedales	6,942	6,942	6,942	6,942	0,519	0,519	0,519	2,125	2,125	2,125	2,125
4.E.	Asentamientos	17,271	16,855	16,574	16,292	15,957	15,636	15,314	49,165	50,809	52,454	54,098
4.E.1.	Asentamientos que permanecen como tales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.E.2.	Tierras convertidas en asentamientos	17,271	16,855	16,574	16,292	15,957	15,636	15,314	49,165	50,809	52,454	54,098
4.F.	Otras tierras	6,878	6,483	6,156	5,828	43,171	43,417	43,662	24,862	25,431	26,001	26,571
4.F.1.	Otras tierras que permanecen como tales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.F.2.	Tierras convertidas en otras tierras	6,878	6,483	6,156	5,828	43,171	43,417	43,662	24,862	25,431	26,001	26,571
4.G.	Productos de madera recolectada	-2.333,332	-2.456,983	-2.035,649	-2.116,858	-2.118,147	-1.575,171	-2.290,978	-2.136,806	-2.238,905	-3.169,957	-2.206,956
4.H.	Otros	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.	Residuos	605,391	741,287	580,349	672,687	741,807	902,214	885,734	1.002,345	1.020,383	1.002,008	902,129
5.A.	Disposición de residuos sólidos	379,364	413,875	361,871	474,893	520,845	551,566	603,694	701,135	711,638	734,037	710,316
5.B.	Tratamiento biológico de residuos sólidos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,109	0,089
5.C.	Incineración y quema abierta de residuos	8,378	8,345	8,392	8,538	9,077	9,040	9,269	9,297	9,480	8,987	8,328
5.D.	Tratamiento y descarga de aguas residuales	217,650	319,066	210,086	189,256	211,885	341,607	272,771	291,914	299,265	258,876	183,396
5.E.	Otros	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-